

Reunión Nacional de Investigación —PECUARIA—



MEMORIA

“EN LA ORDEÑA” / Pedro Cadena Iñiguez

COMPILADORES:

Ana María Anaya Escalera, Claudia García Figueroa, Laura Yavarik Alvarado Avila, Miguel Enrique Arechavaleta Velasco y Luis Reyes Muro

ISSN 2954-4165



Reunión Nacional de Investigación

PECUARIA

MEMORIA

Compiladores

Ana María Anaya Escalera

Claudia García Figueroa

Laura Yavarik Alvarado Avila

Miguel Enrique Arechavaleta Velasco

Luis Reyes Muro

Aguascalientes, Ags. 23 al 26 octubre de 2024.

Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Año 4. Núm. 1. Octubre de 2024. Es una publicación anual editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Progreso No. 5, Col. Barrio Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, CP. 04010, Tel. 5538718700, <http://reunionescientificas.inifap.gob.mx/>. Editor Responsable: Ana María Anaya Escalera. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2022-062311403300-102. ISSN: 2954-4165. Responsable de la última actualización de este número: Claudia García Figueroa.

Nota de los compiladores. El contenido de los resúmenes incluidos en esta memoria aparece tal y como fueron enviados por sus autores, salvo algunas correcciones de formato para hacerlos coincidir con las indicaciones de la convocatoria y las necesidades de impresión.

Presentación

Las *Reuniones Científicas* son encuentros anuales de los subsectores pecuario, agrícola, forestal, acuícola y pesquero. Investigadores, docentes, técnicos, productores, técnicos, estudiantes, organizaciones y empresas relacionadas con el campo, dan a conocer los adelantos de la ciencia y la tecnología para la producción de los alimentos, materias primas y estrategias para la conservación de los recursos naturales.

Motivados por el lema *Ciencia para Vivir*, más de veinte instituciones decidieron organizar las *Reuniones Científicas 2024*, con sede en Aguascalientes, Ags.

Las *Reuniones Científicas* brindan espacios virtuales, para ofrecer los resultados de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación de las cadenas agroalimentarias y recursos forestales.

En 2024, las *Reuniones Científicas* llevarán a cabo las ediciones LIX, XIV, XIV y X correspondientes a las Reuniones Nacionales de Investigación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola-Pesquera, respectivamente, en un marco espléndido de colaboración institucional. El programa incluye conferencias magistrales ofrecidas por connotados investigadores, simposios temáticos, foros de trabajos científicos y diálogos de transferencia de tecnología.

Como ha sucedido en reuniones anteriores, las instituciones convocantes otorgarán los *Reconocimientos al Mérito* a destacados investigadores y organizaciones, cuyo legado ha contribuido al acervo científico y tecnológico para el desarrollo rural. Además, estudiantes universitarios recibirán el *Reconocimiento al Talento Joven*, por su aporte a la ciencia.

En diversas situaciones difíciles, los mexicanos hemos sacado la casta, y el desarrollo de la ciencia y tecnología para el campo, Orgullo de México, no es la excepción. La ciencia no se detiene, como se muestra en la vasta cantidad y calidad de resúmenes que integran las respectivas Memorias.

Muchas gracias a las instituciones que hicieron posible la realización de estas *Reuniones Científicas 2024* en beneficio de la sociedad mexicana.

Comité Organizador

Comité Directivo

PRESIDENCIA	Dr. Julio Berdegué Sacristán Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural
	Dra. María Teresa Jiménez Esquivel Gobernadora Constitucional del estado de Aguascalientes
VICEPRESIDENCIA	Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque Dirección General del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
	Lic. Isidoro Armendáriz García Secretario de Desarrollo Rural y Agroempresarial del estado de Aguascalientes
VOCALÍAS	Dr. Leonardo Lomelí Vanegas Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México
	Dr. Juan Antonio Villanueva Jiménez Director General del Colegio de Postgraduados
	Dr. Ángel Garduño García Rector de la Universidad Autónoma Chapingo
	Dr. Alberto Flores Olivas Rector de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
	Dr. Francisco Javier Soria López Rector de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
	Ing. Homero García de la Llata Presidente de la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas
	Dr. Leobigildo Córdova Téllez Director General del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas
	Dr. Pablo Roberto Arenas Fuentes Director General del Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentables
	Ing. Francisco Javier Calderón Elizalde Director General del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria
	Dr. Sergio Graff Montero Director General de la Comisión Nacional Forestal

Lic. Raymundo Vázquez Gómez
Director General del Inca Rural

Act. Jesús Alan Elizondo Flores
Director General de los Fideicomisos Instituidos en Relación con
la Agricultura

Dra. María Masri Daba
Presidente de la Academia Veterinaria Mexicana A.C.

M.V.Z. José de Jesús Palafax Uribe
Presidente del Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad
Animal

Ing. Carlos Enrique González Vicente
Presidente de la Academia Nacional de Ciencias Forestales A.C.

M.C. Ignacio Tovar Cortez
Presidente de la Asociación Mexicana de Profesionales
Forestales A.C.

Dr. Carlos Guillermo Gutiérrez Aguilar
Director de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la
UNAM

Comité Organizador Nacional

PRESIDENCIA	Dr. Julio Berdegué Sacristán Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural	AGRICULTURA
VICEPRESIDENCIA	Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque Dirección General del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	INIFAP
COORDINACIÓN GENERAL	Dr. Luis Ortega Reyes	INIFAP
COORDINACIÓN DE LA REUNIÓN CIENTÍFICA	Dr. Francisco Suárez Güemes Dra. Gabriela Gómez Verdúzco	UNAM UNAM
COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO PECUARIO	Dr. Miguel Enrique Arechavaleta Velasco	INIFAP
COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO AGRÍCOLA	Dr. Héctor Daniel Inurreta Aguirre	INIFAP
COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO FORESTAL	Dr. Rogelio Flores Velázquez	INIFAP
COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO ACUÍCOLA-PESQUERO	Ocean. Juan Carlos Lapuente Landero M.C. Hiram Castro Garibay M. en C. Ingrid Hernández Villarreal	IMIPAS IMIPAS IMIPAS
COMPILACIÓN DE MEMORIAS CIENTÍFICAS	Dr. Miguel Arechavaleta Velasco Dr. Ana María Anaya Escalera M.C. Claudia García Figueroa M.C Laura Yavarik Alvarado Avila Dr. Héctor Daniel Inurreta Aguirre Dr. Rogelio Flores Velázquez Ing. Elba Rojas Díaz M.C. Hiram Castro Garibay Dr. Luis Reyes Muro	INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP IMIPAS INIFAP
COORDINACIÓN DE CONFERENCIAS MAGISTRALES Y SIMPOSIOS	Dra. Edith Rojas Anaya	INFAP
COORDINACIÓN DE CURSO PRE-CONGRESO	Dra. Edith Rojas Anaya M.C. Jorge Alejandro Torres González	INIFAP UAA

COORDINACIÓN DE RECONOCIMIENTO A LOS MÉRITOS PECUARIO, AGRÍCOLA, FORESTAL Y ACUÍCOLA-PESQUERO	Dr. César Mejía Guadarrama Dr. Efraín Cruz Cruz Dr. Rogelio Flores Velázquez Ocean. Juan Carlos Lapuente Landero	INIFAP INIFAP INIFAP IMIPAS
COORDINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AGROPECUARIA Y TIANGUIS TECNOLÓGICO	Dra. Edith Rojas Anaya Dr. Luis Reyes Muro	INIFAP INIFAP
COORDINACIÓN DE LOS RECORRIDOS TÉCNICOS	Dr. Luis Reyes Muro	INIFAP
COORDINACIÓN DE LA CONVOCATORIA TALENTO JOVEN	M. en Com. Sindy Laura Campero Vega	INIFAP
COORDINACIÓN DE PROMOCIÓN, DIFUSIÓN Y PRENSA	M. en Com. Sindy Laura Campero Vega Lic. Lucy Liliana Palacios Castellanos Lic. Mariana Nerendra García Colín C. Carlota Evelyn Díaz	INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP
PÁGINA WEB Y PLATAFORMA VIRTUAL	LSC. José Manuel Rivera Perusquía Ing. Alejandro Pérez Pérez Ing. Roberto Antonio Trejo Valle Ing. Luis Ángel Velasco Pavia Ing. Humberto Velasco Pavia Ing. Dennise S. Reyes Sánchez Ing. Héctor Benítez Guerrero	INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP
OPERACIÓN Y LOGÍSTICA	Dr. Luis Ortega Reyes M.C. Noemí Alejandra Corona González Dr. José Antonio Cueto Wong Dr. Luis Reyes Muro Dra. Edith Rojas Anaya Dra. Ana María Anaya Escalera Ing. Elba Rojas Díaz Mtra. Evelyn Galván Cárdenas M.V.Z. José Israel Vázquez Pallares Lic. Frida Eloísa Contreras Ramírez Lcdo. Mario Alberto Guerrero González	INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP
ADMINISTRACIÓN	Lic. Humberto Corona Mercado C.P. Alejandro García Martínez Ing. Ricardo Carrillo Monsiváis	INIFAP INIFAP INIFAP

Comité Organizador Local

PRESIDENCIA	Dra. María Teresa Jiménez Esquivel Gobernadora Constitucional del estado de Aguascalientes	GOBIERNO DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES
VICEPRESIDENCIA	Lic. Isidoro Armendáriz García Secretario de Desarrollo Rural y Agroempresarial del estado de Aguascalientes	SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL Y AGROEMPRESARIAL
COORDINACIÓN GENERAL	Dr. José Antonio Cueto Wong Dr. Luis Reyes Muro	INIFAP INIFAP
VINCULACION CON EL GOBIERNO DEL ESTADO	Lic. Isidoro Armendáriz García Lic. Miriam Narváez Mendoza Lic. Verónica González López	SEDRAE SEDRAE BURÓ DE CONGRESOS Y VISITANTES DE AGUASCALIENTES
OPERACIÓN Y LOGÍSTICA	Dr. Luis Reyes Muro Mtra. Evelyn Galván Cárdenas Ing. Refugio Lucio Castañeda Lic. Miriam Narváez Mendoza Dr. Ernesto De Lucas Palacios Lic. José Manuel Velasco Serna MATR. César Israel Rodríguez Luévano.	INIFAP INIFAP SEDRAE SEDRAE SEDRAE SEDRAE SEDRAE
APOYO CON MODERADORES EN PRESENTACIONES	Dr. Ernesto Olvera González Mtra. Lizeth Rodríguez Gómez Dra. Sandra Yesenia Pinzón Castro	ITPA ITEL UAA
COORDINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AGROPECUARIA Y TIANGUIS TECNOLÓGICO	Dra. Edith Rojas Anaya Dr. Luis Reyes Muro Lic. José Manuel Velasco Serna MATR. César Israel Rodríguez Luévano.	INIFAP INIFAP SEDRAE SEDRAE
COORDINACIÓN DE LOS RECORRIDOS TÉCNICOS	Dr. Luis Reyes Muro Mtra. Evelyn Galván Cárdenas Dra. Mercedes Borja Bravo M.C. Sergio Arellano Arciniega Dr. Omar Iván Santana Dr. Guillermo Sánchez Martínez	INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP

	T.L.Q. Martha Olivia Macías Navarro Dr. Ernesto González Gaona Lic. Miriam Narváez Mendoza Biol. Victor Villalobos Sánchez Biól. Ruth Torres Alamilla Biól. Juan Daniel Rendón Trinidad Ing. Francisco Javier Díaz Martínez Mtra. Alejandra López Rábago Dr. Ernesto Olvera González M. en A. Luis Gabriel Valdivia Martínez C. Daniel Romo Urrutia C. Laura Araceli González Reyes	INIFAP INIFAP SEDRAE CONAFOR CONAFOR CONAFOR CONAFOR CONAFOR UTNA ITPA CONAGUA ALCALDÍA CALVILLO ALCALDÍA SAN JOSÉ DE GRACIA
DIFUSIÓN Y PRENSA	Lic. Carlos Mauricio Navarro Lic. Miriam Narváez Mendoza Dr. Luis Reyes Muro Mtra. Evelyn Galván Cárdenas	SEDRAE SEDRAE INIFAP INIFAP
ACTIVIDADES CULTURALES Y TURISMO	Lic. Héctor Alejandro Vázquez Zúñiga Lic. Miriam Narváez Mendoza Mtra. Gloria María Romo Cuesta	ICA SEDRAE SECTUR

Comité científico

PRESIDENTE

Miguel Enrique Arechavaleta Velasco, INIFAP

INTEGRANTES

Ana María Anaya Escalera, INIFAP

Claudia García Figueroa, INIFAP

Laura Yavarik Alvarado Avila, INIFAP

RESPONSABLES DE SECCIÓN

Marcela del Rosario González de la Vara	UNAM	BIENESTAR ANIMAL
Itzel Amaro Estrada	INIFAP	BIOTECNOLOGÍA, BIOLOGÍA CELULAR Y GENÓMICA
Ana María Rosales Torres	UAM-X	ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN
Pedro Jurado Guerra	INIFAP	FORRAJES Y MANEJO DE PASTIZALES
Yolanda Beatriz Moguel Ordóñez	INIFAP	INOCUIDAD DE ALIMENTOS
Vicente Eliezer Vega Murillo	UV	MEJORAMIENTO Y RECURSOS GENÉTICOS
Gerardo Mariscal Landín	INIFAP	NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL
Feliciano Milián Suazo	UAQ	SALUD ANIMAL, DIAGNÓSTICO, CONTROL Y EPIDEMIOLOGÍA
Venancio Cuevas Reyes	INIFAP	SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

BIENESTAR ANIMAL

Anne María del Pilar Sisto Burt	UNAM
Sandra Elizabeth Hernández Méndez	UAT
Luis Felipe Rodarte Covarrubias	UNAM
Marcela del Rosario González de la Vara	UNAM

BIOTECNOLOGÍA, BIOLOGÍA CELULAR Y GENÓMICA

Areli Anaya Hernández	UATx
Raquel Cossío Bayúgar	INIFAP
Lizeth Mariel Zavala Ocampo	UG
Itzel Amaro Estrada	INIFAP

ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN

Lucía Eliana Rangel Porta	UNAM
Rubén Santos Echeverría	INIFAP
Héctor Raymundo Vera Ávila	UAQ
Teresa Sánchez Torres Esqueda	COLPOS
Jorge Oliva Hernández	INIFAP
Arantzatsu Lassala Irueste	UNAM
José Alfredo Medrano Hernández	UNAM
Joel Hernández Cerón	UNAM
Adrián Guzmán Sánchez	UAM-X
Cyndi Gabriela Hernández Coronado	UAM-X
Diana Zamora Gutiérrez	INIFAP
Ana María Rosales Torres	UAM-X

UTILIZACIÓN DE FORRAJES Y MANEJO DE PASTIZALES

Mauricio Velázquez Martínez	INIFAP
José de Jesús Maldonado Méndez	INIFAP
Ramón Gutiérrez Luna	INIFAP
Enrique Guerra Medina	INIFAP
Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez	INIFAP
Luis Eduardo Arias Chávez	INIFAP
Pablo Alfredo Domínguez Martínez	INIFAP
Raúl Ávalos Castro	INIFAP
Pedro Jurado Guerra	INIFAP

REVISORES POR SECCIÓN

INOCUIDAD DE ALIMENTOS

David Abram Betancur Ancona	UADY
Meyli Claudia Escobar Ramírez	INIFAP
Liliana Martínez Chávez	UdeG
Luis Humberto López Hernández	INIFAP
Karla Itzél Alcalá Escamilla	INIFAP
Arturo Francisco Castellanos Ruelas	UADY
Yolanda Moguel Ordóñez	INIFAP

MEJORAMIENTO Y RECURSOS GENÉTICOS

Adriana García Ruiz	INIFAP
Juan José Baeza Rodríguez	INIFAP
Hugo Oswaldo Toledo Alvarado	UNAM
René Calderón Chagoya	INIFAP
Vicente Eliezer Vega Murillo	UV

NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL

José Luis Romano Muñoz	INIFAP
Germán Buendía Rodríguez	INIFAP
María Denisse Montoya Flores	INIFAP
Gerardo Ordaz Ochoa	INIFAP
Daniel Trujillo Gutiérrez	INIFAP
Konisimar Escobar García	UAQ
Ricardo Basurto Gutiérrez	INIFAP
Ericka Ramírez Rodríguez	INIFAP
Gerardo Mariscal Landín	INIFAP

SALUD ANIMAL, DIAGNÓSTICO, CONTROL Y EPIDEMIOLOGÍA

Laura Hernández Andrade	INIFAP
Marco Antonio Santillán Flores	INIFAP
Enrique Herrera López	INIFAP
Rosa Elena Sarmiento Silva	UNAM
Imelda Medina Torres	ISEM
Edith Rojas Anaya	INIFAP
Sara González Ruiz	UAQ
Elizabeth Loza Rubio	INIFAP
Susana Flores Villalva	INIFAP
Isabel Bárcenas Reyes	UAQ
Jesús Vázquez Navarrete	INIFAP
Antonio Álvarez Martínez	INIFAP
Yesenia Guadalupe Contreras Magallanes	UNACH
Feliciano Milián Suazo	UAQ

SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Mauricio Sosa Montes	UNSID
Ariadna Isabel Barrera Rodríguez	UACH
Jaime Rangel Quintos	INIFAP
José Luis Jolalpa Barrera	INIFAP
Venancio Cuevas Reyes	INIFAP

EDICIÓN Y COMPILACIÓN DE LA MEMORIA

Ana María Anaya Escalera	INIFAP
Claudia García Figueroa	INIFAP
Laura Yavarik Alvarado Avila	INIFAP
Miguel Enrique Arechavaleta Velasco	INIFAP
Luis Reyes Muro	INIFAP

Índice de secciones

SECCIÓN	PÁGINAS
BIENESTAR ANIMAL.....	01 - 23
BIOTECNOLOGÍA, BIOLOGÍA CELULAR Y GENÓMICA.....	24 - 61
ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN.....	62 - 142
FORRAJES Y MANEJO DE PASTIZALES.....	143 - 236
INOCUIDAD DE ALIMENTOS.....	237- 261
MEJORAMIENTO Y RECURSOS GENÉTICOS.....	262 - 318
NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL.....	319 - 403
SALUD ANIMAL, DIAGNÓSTICO, CONTROL Y EPIDEMIOLOGÍA.....	404 - 583
SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.....	584 - 624
SIMPOSIOS.....	626 - 634

Tabla de contenido

TÍTULO DEL TRABAJO	PÁGINAS
SECCIÓN: BIENESTAR ANIMAL	
DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DEL USO DE SOMBRA ARTIFICIAL EN CABRAS EN PASTOREO.....	01-03
PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS LOCALES EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO.....	04-06
VIDEO DE DIVULGACIÓN SOBRE MANEJO INTEGRAL DEL DESBOTONE EN BECERRAS LECHERAS.....	07-09
COMPORTAMIENTO MATERNO DE LA CABRA ALPINA FRANCESA DURANTE EL PARTO.....	10-12
PREVALENCIA DE PARÁSITOS INTESTINALES EN GANADO BOVINO EN LA REGIÓN DE COSCOMATEPEC DE BRAVO, VERACRUZ.....	13-14
APLICACIÓN DE UN PROTOCOLO DE BIENESTAR ANIMAL EN UNA UNIDAD CUNÍCOLA REPRESENTATIVA DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO.....	15-17
LA TERMOGRAFÍA COMO UNA HERRAMIENTA EN EL DIAGNÓSTICO DE MASTITIS SUBCLÍNICA EN CABRAS LECHERAS (ESTUDIO PRELIMINAR).....	18-20
PATRÓN DIARIO DE LA TEMPERATURA VAGINAL EN CABRAS EN PASTOREO DIURNO Y ENCIERRO NOCTURNO.....	21-23
SECCIÓN: BIOTECNOLOGÍA, BIOLOGÍA CELULAR Y GENÓMICA	
CARACTERIZACIÓN DE UN COMPLEJO INMUNOESTIMULANTE CON PROTEÍNA RECOMBINANTE DEL VIRUS DE LA DIARREA EPIDÉMICA PORCINA.....	24-26
FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN APLICADA PARA LA PESTE PORCINA AFRICANA EN MÉXICO.....	27-29
PRODUCCIÓN Y PURIFICACIÓN DE LA PROTEÍNA P72 DEL VIRUS DE LA PESTE PORCINA AFRICANA.....	30-32
ANÁLISIS TRANSCRIPTÓMICO DE CAPA FLOGÍSTICA DE BOVINOS INOCULADOS CON CEPAS VIRULENTAS O ATENUADAS DE BABESIA BIGEMINA.....	33-35
ANÁLISIS MOLECULAR DEL COMPONENTE MEMBRANAL ASOCIADO AL RECEPTOR DE PROGESTERONA DE RHIPICEPHALUS MICROPLUS.....	36-38
EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN CULTIVO INICIADOR A BASE DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO ACIDIFICADO A ESCALA PILOTO.....	39-41
INMUNIZACIÓN CONTRA MIOSTATINA COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO EMPLEANDO UN BACULOVIRUS COMO VECTOR DE VACUNACIÓN.....	42-44

DESARROLLO DE UN INMUNÓGENO RECOMBINANTE PARA PD-L1 CON POTENCIAL INMUNOTERAPÉUTICO EN ONCOLOGIA CANINA.....	45-47
COMPOSICIÓN DEL MICROBIOMA DE GARRAPATAS <i>RHIPICEPHALUS SANGUINEUS</i> DE MEXICALI Y TIJUANA, BAJA CALIFORNIA.....	48-50
EFECTO DE LA LECITINA DE SOYA O LIPOSOMAS SOBRE LA CINÉTICA DEL SEMEN OVINO REFRIGERADO.....	51-52
VIGILANCIA DEL VIRUS DE INFLUENZA PORCINA EN EL ESTADO DE JALISCO.....	53-55
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE HARINA DE NOPAL MORADO SILVESTRE (<i>OPUNTIA MACROCENTRA</i>) PRODUCIDO EN LA REGIÓN CENTRO-SUR DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO.....	56-58
CULTIVO IN VITRO DEL AISLADO MEX-28-037-01 DE ANAPLASMA MARGINALE EN CÉLULAS EMBRIONARIAS DE GARRAPATA	59-61

SECCIÓN: ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN

IMPORTANCIA DE LAS RELACIONES SOCIALES EN EL INICIO DE LA PUBERTAD EN HEMBRAS CAPRINAS.....	62-64
DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES CIDR REUTILIZADOS CINCO VECES EN PROTOCOLO DE CINCO DÍAS PARA LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS EN OVEJAS....	65-67
MICROLITIASIS TESTICULAR EN UN CARNERO ADULTO.....	68-70
CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE CHIVOS ENTEROS INACTIVOS AGRUPADOS CON MACHOS CASTRADOS ANDROGENIZADOS DURANTE LA ÉPOCA DE REPOSO SEXUAL.....	71-73
LOS MACHOS CABRÍOS EXPUESTOS AL “EFECTO MACHO SOBRE MACHO” ESTIMULAN LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE LAS CABRAS DURANTE EL ANESTO ESTACIONAL.....	74-75
LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CONTACTO CON MACHOS CABRÍOS SEXUALMENTE HIPERACTIVOS REDUCE LOS NIVELES PLASMÁTICOS DE TESTOSTERONA DE LOS MACHOS EN REPOSO SEXUAL.....	76-77
EFECTO DE LA GRASA DORSAL Y PESO CORPORAL DE LAS CERDAS SOBRE INDICADORES METABÓLICOS Y CONSUMO DE ALIMENTO EN LACTANCIA.....	78-80
ESTUDIO PRELIMINAR DEL EFECTO DEL ÁCIDO SULFHÍDRICO DURANTE LA CRIOPRESERVACIÓN DEL SEMEN DE CERDO.....	81-83
ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN VARIABLES DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL DE HUEVO DE GALLINA CRIOLLA MEXICANA.....	84-86
EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE ÁCIDO FERÚLICO SOBRE LA TASA OVULATORIA DE OVEJAS DORPER ANOVULATORIAS SINCRONIZADAS AL ESTRO....	87-88

EFECHO DEL ACEITE DE MORINGA OLEIFERA SOBRE EL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE CARNEROS BLACK-BELLY.....	89-90
EFECHO DE LA ADMINISTRACIÓN DE UN PRECURSOR DE ENERGÍA SOBRE LA RESPUESTA REPRODUCTIVA DE OVEJAS DORPER SINCRONIZADAS AL ESTRO.....	91-92
EVALUACIÓN DEL ÁCIDO SULFHÍDRICO Y DE LA LACTOFERRINA EN LA MADURACIÓN DE OVOCITOS DE CERDA.....	93-95
LA HORMONA ESTIMULANTE DE LA TIROIDES (TSH) PROMUEVE LA SECRECIÓN DE ESFINGOSINA-1-FOSFATO (S1P) COMO UN MEDIADOR DE SUS EFECTOS DE VIABILIDAD SOBRE CÉLULAS FOLICULARES TIROIDEAS.....	96-98
EFECHO DE LA HORMONA ADRENOCORTICOTRÓPICA (ACTH) SOBRE LA SÍNTESIS DE ESFINGOSINA 1-FOSFATO (S1P) EN CÉLULAS DE LA CORTEZA ADRENAL DE BOVINO.....	99-101
UNA COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA MEJORA LA CAPACIDAD DE LOS MACHOS CABRIOS PARA FERTILIZAR HEMBRAS BAJO UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN SEMI-EXTENSIVO.....	102-103
IMPACTO DEL GLICEROL SOBRE LA DINÁMICA FOLICULAR E IGF-1 EN PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN LARGOS Y CORTOS CON ACETATO DE FLUOROGESTONA EN EL OVINO PELIBUEY.....	104-106
PARTICIPACIÓN DE LA EZRINA EN LA REGULACIÓN ESTRUCTURAL DE LA TECA PERINUCLEAR DEL ESPERMATOZOIDE PORCINO DURANTE EL PROCESO DE CAPACITACIÓN.....	107-109
EFECHO DEL TIEMPO DE ADMINISTRACIÓN DE GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA SOBRE LA FERTILIDAD UTILIZANDO UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN EN GANADO BRAFORD.....	110-112
CONCEPCIÓN Y PROLIFICIDAD DE OVEJAS PELIBUEY CON EMPADRE EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO.....	113-115
EFECHO DE PERIODOS DE ESPERA VOLUNTARIA SOBRE PARÁMETROS REPRODUCTIVOS Y PRODUCTIVOS EN VACAS HOLSTEIN DE TECATE, BAJA CALIFORNIA.....	116-118
ENFRIAMIENTO INTERMITENTE CON MICROASPERSIÓN PRE Y POST-INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN CERDAS EN CLIMAS CÁLIDOS: CONSTANTES FISIOLÓGICAS Y DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO.....	119-121
FACTORES DE RIESGO PARA LA RESPUESTA REPRODUCTIVA A LA IATF CON SEMEN SEXADO EN GANADO CRUZADO BAJO CONDICIONES TROPICALES.....	122-124
DINÁMICA OVÁRICA EN BOVINOS PRODUCTORES DE CARNE TRATADOS CON HORMONA LIBERADORA DE GONADOTROPINAS (GNRH) Y PROSTAGLANDINA F2-ALFA (PGF2-A) PREVIO AL INICIO DEL EMPADRE.....	125-127
EFEKTOS DE LA NUTRICIÓN POST DESTETE SOBRE LAS CONCENTRACIONES DE ZINC, FRUCTOSA Y ALPHA GLUCOSIDASA NEUTRA EN PLASMA SEMINAL DE SEMENTALES PELIBUEY.....	128-130
INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ASHWAGANDHA (<i>WITHANIA SOMNIFERA</i> L.) EN EL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE CARNEROS BLACK BELLY EN EL NORTE DE MÉXICO.....	131-132

EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE WITHANIA SOMNIFERA (L) SOBRE LA CALIDAD SEMINAL EN CARNEROS BLACK BELLY.....	133-134
TAMAÑO TESTICULAR Y CONCENTRACIÓN ESPERMÁTICA DE CARNEROS DORPER DURANTE EL VERANO E INVIERNO.....	135-136
INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN DE CITRULINA (30 D) SOBRE CONSTANTES FISIOLÓGICAS, DIÁMETRO TESTICULAR Y CARACTERÍSTICAS DEL EYACULADO EN CARNEROS PELIBUEY JÓVENES.....	137-139
EFECHO DE LA FRECUENCIA DE ASPIRACIONES FOLICULARES SOBRE LA RECOLECCIÓN OVOCITARIA PARA LA PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES EN VACAS HOLSTEIN.....	140-142

SECCIÓN: FORRAJES Y MANEJO DE PASTIZALES

CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA DE POBLACIONES DE PASTO LOBERO [MUHLENBERGIA PHLEOIDES (KUNTH) COLUMBUS] EN ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO.....	143-145
VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL DE BOUTELOUA CURTIPENDULA (MICHX.) TORR. GENOTIPO B-31 EN LOS PASTIZALES DE CHIHUAHUA, MÉXICO.....	146-148
FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) DEL ESTADO DE CHIAPAS.....	149-151
EFECHO DE LA ADICIÓN DE UREA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ENSILADO DE NOPAL.....	152-154
EFECHO DE LA INCLUSIÓN DE VAINAS DE MEZQUITE SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ENSILADO DE NOPAL.....	155-157
IMPACTO DEL PASTOREO DE GANADO BOVINO SOBRE VARIABLES ECOLÓGICAS DEL SUELO EN UN BOSQUE ENCINO-PINO.....	158-160
PRODUCCIÓN DE FORRAJE, COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y MORFOLÓGICA DE MEZCLAS BINARIAS DE CEREALES DE GRANO PEQUEÑO.....	161-163
ANÁLISIS DE PATRONES DE MOVIMIENTO DE GANADO CAPRINO Y BOVINO Y COBERTURA DE VEGETACIÓN EN ÁREAS DE PASTOREO EN ZONAS ÁRIDAS.....	164-166
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE ALFALFA (MEDICAGO SATIVA L.) A DIFERENTE EDAD DE REBROTE EN LA ESTACIÓN DE PRIMAVERA.....	167-169
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PENCA NOPAL, EL MAGUEY Y DISTINTAS COMBINACIONES COMO ALTERNATIVA FORRAJERA PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMINATES.....	170-172

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE BIOMASA DE UN ZACATAL DE AMELICHLOA CLANDESTINA EN LA ESTACIÓN DE VERANO.....	173-175
PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y CONTENIDO MINERAL EN PASTO BUFFEL (PENNISETUM CILIARE L.) BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL Y RIEGO SUPLEMENTARIO.....	176-178
EFEITO DEL USO DE ADITIVOS EN EL CONTENIDO DE TANINOS EN ENSILADOS DE SORGO.....	179-181
RENDIMIENTO DE AMELICHLOA CLANDESTINA DURANTE 18 MESES POSTERIOR A UN PASTOREO INTENSIVO NO SELECTIVO.....	182-184
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOTUS CORNICULATUS L. EN EL SURESTE DE COAHUILA MÉXICO, EN PRIMAVERA-VERANO.....	185-187
CÁMARAS TRAMPA PARA EVALUAR DIVERSIDAD DE FAUNA DE RANCHOS EN LA REGIÓN PRIORITARIA DE PASTIZALES DE AMÉRICA DEL NORTE.....	188-190
DIGESTIBILIDAD IN SITU DEL PASTO PENNISETUM PURPUREUM SCHUMACH, SOMETIDO A RADIACIÓN IONIZANTE.....	191-193
FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) DEL ESTADO DE CAMPECHE.....	194-196
FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) DEL ESTADO DE TABASCO.....	197-199
FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) DEL ESTADO DE OAXACA.....	200-202
FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) DEL ESTADO DE VERACRUZ.....	203-205
EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE GUAZUMA ULMIFOLIA EN UN SISTEMA BIODIVERSIFICADO.....	206-208
COMPORTAMIENTO FORRAJERO DE GRAMÍNEAS NATIVAS DEL ALTIPLANO TAMAULIPECO.....	209-211
EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD BIÓTICA DE UN PASTIZAL EN LA TEMPORADA DE SEQUÍA AL SURESTE DE COAHUILA.....	212-214
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE PASTOS EN DIFERENTES POTENCIALES DE AGUA..	215-217

CEBADA FORRAJERA CON ARISTA LISA, UN ECO TIPO CON CARACTÉRISTICA DESEABLE PARA USO PECUARIO.....	218-219
EVALUACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS COMBIANDOS CON FERTILIZANTE QUÍMICO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE MAÍZ DE TEMPORAL.....	220-222
ANÁLISIS DE TEMPERATURA DEL SUELO EN BOSQUE DE ENCINO MEZCLADO CON PASTIZAL Y PASTIZAL AFRICANO.....	223-225
DISTRIBUCIÓN DEL ZACATE ROSADO (<i>MELINIS REPENS</i>) EN PATIZALES DE CHIHUAHUA.....	226-227
ALMACÉN DE CARBONO DEL SUELO EN UN PASTIZAL DE ZACATE AFRICANO EN CHIHUAHUA.....	228-230
EFECTO DE LA CONDICIÓN DE LA SEMILLA EN LA GERMINACIÓN DE HÍBRIDOS APOMÍCTICOS DE ZACATE BUFFEL (<i>PENNISETUM CILIARE L.</i>).....	231-233
PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE OVILLO (<i>DACTYLIS GLOMERATA L.</i>) Y ALFALFA (<i>MEDICAGO SATIVA L.</i>) BAJO SOMBREADO ARBÓREO.....	234-236

SECCIÓN: INOCUIDAD DE ALIMENTOS

CALIDAD HIGIÉNICA DE LA LECHE DE HATOS BOVINOS DOBLE PROPÓSITO DE LA REGIÓN COSTERA DEL ESTADO DE COLIMA.....	237-239
IDENTIFICACIÓN DE ENTEROBACTERIAS EN CAMARONES OBTENIDOS EN PUNTOS DE VENTA.....	240-242
AISLAMIENTO DE LISTERIA MONOCYTOGENES DE BOTES COLECTORES DE LECHE EN PEQUEÑAS EXPLOTACIONES LECHERAS CAPRINAS.....	243-245
PRESENCIA DE PLAGUICIDAS EN MIEL, CERA Y VARROA EN ABEJAS MELÍFERAS DEL ESTADO DE CAMPECHE.....	246-248
COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA, COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE MIEL DE ABEJAS SIN AGUIJÓN Y <i>APIS MELLIFERA</i> : REVISIÓN ANALÍTICA Y META ANÁLISIS.....	249-251
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE CARNE FRESCA DE PORCINO COMERCIALIZADA EN PUNTOS DE VENTA EN CULIACÁN, SINALOA.....	252-254
FRECUENCIA DE CONTAMINACIÓN CON LISTERIA MONOCYTOGENES EN AGUAS SUPERFICIALES PARA USO AGROPECUARIO EN EL CENTRO DE MÉXICO.....	255-256

FRECUENCIA DE CONTUSIONES EN CANALES BOVINAS: TIPO DE GANADO Y LOCALIZACIÓN ANATÓMICA..... 257-259

CAMBIOS EN MINERALES DE ESTIÉRCOL APILADO, COMPOSTEADO Y VERMICOMPOSTEADO DE CERDOS ALIMENTADOS CON DIETAS BAJAS EN NUTRIENTES Y ENZIMAS EXÓGENAS..... 260-261

SECCIÓN: MEJORAMIENTO Y RECURSOS GENÉTICOS

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN CORPORAL DE CABRAS MESTIZAS Y BOER DEL ESTADO DE COLIMA..... 262-264

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS Y TENDENCIAS GENÉTICAS PARA PERSISTENCIA DE LA LACTACIÓN EN GANADO HOLSTEIN..... 265-267

IDENTIFICACIÓN DE QTN Y SU ASOCIACIÓN CON CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN GANADO BOVINO HOLSTEIN..... 268-270

ESTIMACIÓN DEL COMPONENTE GENÉTICO DEL TIEMPO DE RUMIA Y SU ASOCIACIÓN CON PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN UTILIZANDO UN MODELO DE REGRESIÓN ALEATORIA..... 271-273

ANÁLISIS MULTIVARIADO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS TRES VARIEDADES DEL BORREGO CHIAPAS USANDO ÍNDICES ZOOMÉTRICOS..... 274-276

REPROQUANT: UNA APLICACIÓN EN ANDROID PARA EL CÁLCULO DE DOSIS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL PARA ESPECIES PECUARIAS..... 277-279

CORRIDAS DE HETEROCIGOSIS EN GANADO LECHERO SEMI ESPECIALIZADO Y DE DOBLE PROPÓSITO DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ..... 280-282

IDENTIFICACIÓN DE GENES RELACIONADOS CON LA EDAD A PRIMER PARTO EN GANADO SIMMENTAL Y SIMBRAH..... 283-285

EFECHO DE LA CONSANGUINIDAD SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE VALORES GENÉTICOS..... 286-288

PRODUCCIÓN DE ZÁNGANOS EN COLONIAS DE ABEJAS CON MANEJO Y SIN MANEJO PARA ESTIMULAR LA PRODUCCIÓN DE ZÁNGANOS..... 289-291

RELACIÓN ENTRE DOS MÉTODOS PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO DE ACICALAMIENTO DE LAS ABEJAS MELÍFERAS..... 292-294

PRODUCCIÓN DE ZÁNGANOS EN COLONIAS DE ABEJAS DE ORIGEN GENÉTICO EUROPEO Y DE ORIGEN GENÉTICO AFRICANIZADO..... 295-297

EFECTO DE LA EDAD DE LAS ABEJAS SOBRE LA EXPRESIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ACICALAMIENTO.....	298-300
RELACIÓN GENÓMICA Y ESTRUCTURA GENÉTICA DE POBLACIONES DE CERDOS CRIOLLOS DE MÉXICO.....	301-303
EFECTO DEL GRUPO GENÉTICO DE LAS COLONIAS DE ABEJAS SOBRE LA PREVALENCIA DEL VIRUS DE LAS ALAS DEFORMES.....	304-306
INCLUSIÓN DEL GENOTIPO DE PROTEÍNAS LÁCTEAS EN LA DETERMINACIÓN DE FACTORES RELACIONADOS CON RASGOS DE CRECIMIENTO EN CAPRINOS.....	307-309
CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE PERSISTENCIA, PRODUCCIÓN DE LECHE Y SUS COMPONENTES EN GANADO HOLSTEIN.....	310-312
EFECTO DE MARCADORES MOLECULARES SOBRE LA EXPRESIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ACICALAMIENTO DE LAS ABEJAS MELÍFERAS.....	313-315
ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CANÓNICA DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS EN CONEJOS VIVOS Y SUS CANALES.....	316-318

SECCIÓN: NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL

EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CALIDAD ALIMENTARIA DEL FRUTO DE MEZQUITE (PROSOPIS SP.).....	319-321
EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN HATOS ALTOS Y BAJOS PRODUCTORES DE AGUASCALIENTES A TRAVÉS DE LA PROYECCIÓN A 305 DÍAS....	322-324
EFECTO DEL ESPESOR DE GRASA DORSAL Y PESO CORPORAL DE LAS CERDAS AL SERVICIO SOBRE SU RENDIMIENTO PRODUCTIVO.....	325-327
EFECTO DE DIETAS CON DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES Y ACEITES ESENCIALES EN CANAL DE POLLOS DE ENGORDA EN ESTRÉS CALÓRICO.....	328-330
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS DE ENGORDA ROSS Y COBB ALIMENTADOS CON DIETAS EN HARINA O MIGAJA.....	331-332
RESPUESTA PRODUCTIVA EN OVINOS ALIMENTADOS EN DIETAS CON ENSILAJE DE PASTO ELEFANTE [CENCHRUS PURPUREUS (SCHUMACH.) MORRONE].....	333-335
ANÁLISIS SENSORIAL Y ACEPTACIÓN POTENCIAL DEL CONSUMO DE LA CARNE DE CONEJOS (ORYCTOLAGUS CUNICULUS) ALIMENTADOS CON LINAZA (LINUM USITATISSIMUM).....	336-338
MODELACIÓN DE CRECIMIENTO DE POLLITAS CRIOLLAS DE DOS GENERACIONES SUBSECUENTES BAJO APAREAMIENTO ALEATORIO.....	339-342
MODELOS GOMPERTZ-LAIRD Y LOGÍSTICO EN CURVAS DE CRECIMIENTO DE CODORNIZ (COTURNIX COTURNIX JAPONICA).....	343-345
MODELOS NO LINEALES EN CURVA DE CRECIMIENTO DE CODORNIZ JAPONESA (COTURNIX COTURNIX JAPONICA).....	346-348

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON UNA MEZCLA POLIHERBAL EN LA EXPRESIÓN DE GENES EN OVINOS PRODUCTORES DE LECHE.....	349-351
CALIDAD DE TIBIA EN POLLOS DE ENGORDA ALIMENTADOS CON COLECALCIFEROL Y SUSTITUCIÓN PARCIAL POR 1-ALPHA HIDROXICOLECALCIFEROL.....	352-354
CONSUMO DE ESPECIES VEGETALES DE CAPRINOS CRIOLLOS USANDO UNA TABLA DE BOCADOS CALIBRADA AL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO.....	355-357
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LECHONES SUPLEMENTADOS CON SACCHAROMYCES CEREVISIAE.....	358-359
ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL Y PAREDES CELULARES, EN DISTINTAS ETAPAS FENOLÓGICAS, PARA VARIEDADES DE GLYCINE MAX OBTENIDAS A PARTIR DE MUTAGÉNESIS.....	360-362
DIGESTIBILIDAD ESTANDARIZADA DE AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNA DEL GARBANZO (CICER ARIETINUM) EN CERDOS EN CRECIMIENTO.....	363-365
IMPACTO DE LA RELACIÓN FIRMICUTES-BACTEROIDETES EN LA EFICIENCIA ALIMENTICIA Y LAS EMISIONES DE METANO EN GANADO SIMMENTAL Y SIMBRAH....	366-368
EFECTO DEL CLORHIDRATO DE ZILPATEROL Y VIRGINIAMICINA EN CUERPO VACIO Y COMPONENTES VISCERALES EN OVINOS EN FINALIZACIÓN.....	369-371
EFECTO DE LA ADICIÓN DE CLORHIDRATO DE ZILPATEROL Y VIRGINIAMICINA EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE OVINOS EN EL TRÓPICO SECO.....	372-374
EFECTO DEL CLORHIDRATO DE ZILPATEROL Y VIRGINIAMICINA EN LA CALIDAD DE CANAL Y CORTES PRIMARIOS EN OVINOS EN FINALIZACIÓN.....	375-377
PATRÓN Y CINÉTICA DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL IN VITRO DEL RASTROJO DE MAÍZ CON LA INCLUSIÓN DE VAINA DE MEZQUITE.....	378-380
ESTATUS ANTIOXIDANTE, COLOR DE LA GRASA Y CARNE DE CERDOS ALIMENTADOS CON GRASAS DE DIFERENTE CALIDAD Y USO DE ANTIOXIDANTES....	381-383
POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE LA CARNE ANTE UNA ESTRATEGIA PARA REDUCIR LA SUPLEMENTACIÓN DE MINERALES TRAZA EN EL ALIMENTO DEL CERDO.....	384-386
EFECTO DE LA HARINA DE HOJAS DE MORINGA (MORINGA OLEIFERA) EN EL ALIMENTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE HUEVO DE CODORNIZ.....	387-389
REGULACIÓN DE SISTEMAS ANTIOXIDANTES EN LECHONES DESTETADOS POR CONSUMO DE GRASAS DE DIFERENTE CALIDAD OXIDATIVA E INCLUSIÓN DE VITAMINAS ANTIOXIDANTES.....	390-392
EFECTO DEL LIPOFEED EN EL AGUA DE BEBIDA SOBRE EL PESO Y FRACCIONES DE LA CANAL EN POLLOS DE ENGORDA.....	393-395
ALIMENTACIÓN DE GALLINAS CRIOLLAS CON LARVAS VIVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRA (HERMETIA ILLUCENS L).....	396-397
EFECTO DE LA FUENTE DE SUSTANCIAS HÚMICAS DE LOMBRICOMPOSTA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y MICROBIOMA INTESTINAL EN POLLOS DE ENGORDA.....	398-400

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DEL PH Y COLOR DE LA CARNE DE CABRITOS LACTANTES SUPLEMENTADOS CON ACEITE DE ORÉGANO MEXICANO..... 401-403

SECCIÓN: SALUD ANIMAL, DIAGNÓSTICO, CONTROL Y EPIDEMIOLOGÍA

EFECTO TÓXICO DE RESIDUOS DE IVERMECTINA Y MOXIDECTINA EN HECES DE BOVINO SOBRE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA.....	404-406
EVALUACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DE PCR PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA FIEBRE Q EN LOS RUMIANTES.....	407-409
EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA E INMUNOLÓGICA DEL CALOSTRO.....	410-412
EFFECTO DE UN EXTRACTO DE ORÉGANO, CANELA Y CLAVO SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN OVINOS DE ABASTO.....	413-415
COMPARACIÓN DE TRES TÉCNICAS DIAGNÓSTICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CRYPTOSPORIDIUM spp. EN BOVINOS HOLSTEIN.....	416-418
VIABILIDAD REPRODUCTIVA DE LA CRÍA DE ÁCAROS DE VARROA DESTRUCTOR IN VITRO.....	419-421
DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN ENSAYO INMUNOENZIMÁTICO INDIRECTO PARA LA SERODETECCIÓN DE DELTACORONAVIRUS PORCINO.....	422-424
ANÁLISIS DE LA MICROBIOTA DEL TRACTO RESPIRATORIO DE AVES DE COMBATE...	425-427
USO DE ANTIBIÓTICOS ENTRE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE ZONAS RURALES EN QUERÉTARO, MÉXICO.....	428-429
IDENTIFICACIÓN DE ESCHERICHIA COLI ENTEROHEMORRÁGICA EN CANALES Y HECES DE CERDOS EN UN RASTRO MUNICIPAL DE UN ESTADO DE LA ZONA CENTRO DE MÉXICO.....	430-432
ANÁLISIS DE LA MORTALIDAD EN LA ETAPA DE RECEPCIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN CORRAL DE ENGORDA EN MÉXICO.....	433-434
EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE VACUNA GÉNICA CONTRA GARRAPATAS RHIPICEPHALUS MICROPLUS EN MÉXICO.....	435-437
PREVALENCIA DE PIROPLASMOSIS EN ÉQUIDOS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES.....	438-440
PRESENCIA DE ENFERMEDADES CONSIDERADAS DE IMPACTO PRODUCTIVO EN REBAÑOS CAPRINOS DE TIPO FAMILIAR DE SANTA CRUZ DE JUVENTINO ROSAS, GUANAJUATO.....	441-443
DIAGNÓSTICO DE AFLATOXICOSIS SUBCLÍNICA EN VACAS LECHERAS, MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS BIOQUÍMICOS.....	444-446
EPÍTOPES DE LINFOCITOS T DE LAS PROTEÍNAS PLD Y CP40 DE CORYNEBACTERIUM PSEUDOTUBERCULOSIS OVIS DE UN AISLADO DE ORIGEN MEXICANO.....	447-448

DESARROLLO DE UN ELISA INDIRECTO UTILIZANDO PLD RECOMBINANTE PARA LA DETECCIÓN DE ANTICUERPOS ESPECÍFICOS DE <i>CORYNEBACTERIUM PSEUDOTUBERCULOSIS OVIS</i> EN OVEJAS.....	449-451
EVALUACIÓN IN VITRO DEL ACEITE ESCENCIAL DE COMINO <i>CUMINUM CYMINUM</i> CONTRA LARVAS DE LA GARRAPATA <i>RHIPICEPHALUS MICROPLUS</i>	452-454
CONTAMINACIÓN DEL ALIMENTO DE VACAS LECHERAS POR MICOTOXINAS NO REGULADAS EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO.....	455-457
ISLAS DE PATOGENICIDAD DE <i>CORYNEBACTERIUM PSEUDOTUBERCULOSIS</i> BIOVAR <i>OVIS</i> , AISLADOS MEXICANOS 1-6 Y 1-62L-J.....	458-460
PATOLOGÍA GASTROINTESTINAL ASOCIADAS A LAS PRINCIPALES PARASITOSIS EN BOVINOS DEL TRÓPICO DE COLIMA, MÉXICO.....	461-463
DETECCIÓN SEROLÓGICA DE ANTICUERPOS ANTI-NEOSPORA <i>CANINUM</i> CON UNA PRUEBA DE ELISA COMPETITIVA EN VACAS HOLSTEIN-FRIESIAN (<i>BOS TAURUS TAURUS</i>) CON ANTECEDENTES DE ABORTO EN LA COMARCA LAGUNERA.....	464-466
PRESENCIA DE <i>ASPERGILLUS</i> SPP. Y <i>FUSARIUM</i> SPP. TOXIGÉNICOS EN MOSCA DOMÉSTICA DE ESTABLOS LECHEROS.....	467-469
FRECUENCIA DE LA PARATUBERCULOSIS, LINFADENITIS CASEOSA Y BRUCELLA <i>MELITENSIS</i> A NIVEL DE REBAÑO EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES.....	470-472
INTERVALOS DE REFERENCIA PARA ELECTROLITOS Y PH EN SUERO DE ALPACAS (<i>VICUGNA PACOS, LINNAEUS 1758</i>) ADULTAS DE URUGUAY.....	473-475
EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INMUNOPROTECTORA DE UN POLIPÉPTIDO DE RMS-17 SOBRE LA INFESTACIÓN DE GARRAPATAS <i>RHIPICEPHALUS MICROPLUS</i> EN BOVINOS.....	476-478
EVALUACIÓN DE LA INMUNIZACIÓN CON SUBOLESINA + BM86 SOBRE LA INFESTACIÓN DE GARRAPATAS <i>RHIPICEPHALUS MICROPLUS</i> EN BOVINOS DE VERACRUZ, MÉXICO.....	479-481
RESPUESTA SEROLÓGICA A LA VACUNACIÓN CONTRA IBR DURANTE 180 DÍAS EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO SUBTROPICAL.....	482-484
EVALUACIÓN DE UNA VACUNA CONTRA BABESIOSIS BOVINA ELABORADA EN MEDIO DE CULTIVO LIBRE DE SUERO.....	485-487
EFECTO DE LA PUTRESCINA EN LA PROLIFERACIÓN IN VITRO DE <i>BABESIA BIGEMINA</i>	488-490
COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE VARROA DESTRUCTOR L. EN ETAPA FORÉTICA SOBRE COLMENAS COMERCIALES DE <i>APIS MELLIFERA L.</i> , SIN TRATAMIENTO DE CONTROL.....	491-493
EFECTO INHIBITORIO DE LA ECLOSIÓN DE HUEVOS DE <i>HAEMONCHUS CONTORTUS</i> DE UNA FRACCIÓN ORGÁNICA OBTENIDA DE <i>TITHONIA DIVERSIFOLIA</i>	494-496
PRODUCCIÓN DE ANTICUERPOS POLICLONALES PARA PÉPTIDOS S28 DERIVADOS DE <i>HAEMONCHUS</i> SPP. EN CONEJOS INMUNIZADOS EXPERIMENTALMENTE.....	497-499

FRECUENCIA DE ENFERMEDADES REPRODUCTIVAS EN BOVINOS DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DE LOS POBLADOS DE COSOLTEPEC, JOLUXTLA Y TULTITLÁN, OAXACA, MÉXICO.....	500-502
FRECUENCIA DE LEPTOSPIRA EN CINCO UNIDADES DE PRODUCCIÓN PORCINA DE LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS.....	503-504
EFICACIA DEL DE FIPRONIL Y DORAMECTINA SOBRE LOS ECTOPARÁSITOS (<i>LINOGNATHUS STENOPSIS</i> Y <i>BOVICOLA CAPRAE</i>) EN CABRAS EN CONDICIONES DE PASTOREO.....	505-506
DIAGNÓSTICO DE <i>SARCOCYSTIS SP.</i> EN UNA ALPACA (<i>VICUGNA PACOS</i>) DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY: REPORTE DE CASO.....	507-508
USO DE QUIMIOPROTECTORES PARA DISMINUIR LOS EFECTOS TÓXICOS DE LA AFLATOXICOSIS CRÓNICA EN GALLINAS DE POSTURA.....	509-511
IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EXPRESIÓN RELATIVA DEL GEN AOMAE1 ASOCIADO AL DESARROLLO Y METABOLISMO SECUNDARIO DE DOS CEPAS ARTHROBOTRYS SPP.....	512-513
PRIMER REPORTE DE <i>FLAVOCILLIUM SUBPRIMULINUM</i> (CORDYCIPITACEAE) EN MÉXICO: IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA Y ACTIVIDAD NEMATICIDA DE SUS FILTRADOS CONTRA <i>HAEMONCHUS CONTORTUS</i>	514-516
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN BACULOVIRUS RECOMBINANTE COMO VECTOR DE INMUNIZACIÓN PARA EL MOQUILLO CANINO EN MÉXICO.....	517-519
SEROPREVALENCIA DE DVB, IBR, LEB, PI3 Y VRSB EN MÉXICO: PRIMERA APROXIMACIÓN PARA IMPLEMENTAR ESTRATEGIAS DE MONITOREO Y CONTROL...	520-522
DESARROLLO Y ESTANDARIZACIÓN DE ANTÍGENOS PARA EL DIAGNÓSTICO SEROLÓGICO DE LA SALMONELOSIS Y BRUCELOSIS EN CERDOS INFECTADOS EXPERIMENTALMENTE.....	523-525
DETECCIÓN LÍTICA DE BACTERIÓFAGOS CONTRA BACTERIAS MULTIRRESISTENTES AISLADAS DE SEMEN DE GANADO BOVINO.....	526-527
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA PRESENTACIÓN DE PCV2 EN JALISCO.....	528-530
SERODETECCIÓN DEL ORTHORUBULAVIRUS SUIS EN LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO MEDIANTE ELISA INDIRECTA.....	531-533
EFECHO INMUNOMODULADOR DE MICROVESÍCULAS DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS DE <i>RATTUS NORVEGICUS</i> EN RAW264.7 DESAFIADAS CON <i>E. COLI</i> Y <i>S. TYPHIMURIUM</i>	534-536
ESTUDIO RETROSPECTIVO DE MICROFILARIAS EN CANINOS DEL MUNICIPIO DE NAVOLATO, SINALOA.....	537-539
EFECHO DE LA INGESTIÓN DE CALOSTRO ENRIQUECIDO EN LA SALUD Y DESARROLLO DE TERNERAS HOLSTEIN.....	540-542

PREVALENCIA DEL VIRUS DE LAS ALAS DEFORMES EN COLONIAS DE ABEJAS UBICADAS EN MORELOS, HIDALGO Y ESTADO DE MÉXICO.....	543-545
SEROPREVALENCIA DE ARTERITIS VIRAL EQUINA (AVE) EN MUESTRAS REMITIDAS AL CENASA PARA EL DIAGNÓSTICO DE ANEMIA INFECCIOSA EQUINA (AIE).....	546-548
SEROPREVALENCIA DE AGENTES VIRALES EN CERDOS CRIOLLOS ALOJADOS EN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BAJA DENSIDAD EN EL ESTADO DE HIDALGO.....	549-551
DISTRIBUCIÓN NO HOMOGÉNEA DE LA SEROPOSITIVIDAD FRENTE A SEROVARES PATÓGENOS DE LEPTOSPIRA spp. EN ANIMALES DOMÉSTICOS DE NUEVO LEÓN, MÉXICO.....	552-554
IDENTIFICACIÓN Y PERFIL DE RESISTENCIA A ANTIMICROBIANOS EN PATÓGENOS AISLADOS DE LECHE CRUDA Y QUESOS FRESCOS DE CABRA DE SISTEMAS FAMILIARES EN MÉXICO.....	555-557
PREDICCIÓN DE METABOLITOS ENERGÉTICOS MEDIANTE TECNOLOGÍA INFRARROJA EN LA LECHE: ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ENTRE DIFERENTES SISTEMAS PRODUCTIVOS Y RAZAS.....	558-560
PRESENCIA DE GARRAPATAS Y SU RESISTENCIA A OXIDICIDAS, Y PRESENCIA DE LOS HEMOPARÁSITOS BABESIA Y ANAPLASMA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO.....	561-562
ACTIVIDAD OVICIDA Y COLOCALIZACIÓN ENTRE EL ÁCIDO FERÚLICO Y EMBRIONES DE HAEMONCHUS CONTORTUS.....	563-565
ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA DE UN ÁCIDO FENÓLICO IDENTIFICADO EN PARTES AÉREAS DE CHAMAECRISTA NICTITANS CONTRA HAEMONCHUS CONTORTUS.....	566-568
UN MÉTODO DE PCR MÚLTIPLE PARA LA DETECCIÓN SIMULTÁNEA DE MOLLICUTES ASOCIADOS A PROBLEMAS REPRODUCTIVOS EN BOVINOS.....	569-571
EVALUACIÓN CLÍNICA DEL TRATAMIENTO CON PLASMA RICO EN PLAQUETAS Y TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPÓREAS EN HERIDAS CREADAS QUIRÚRGICAMENTE EN LA REGIÓN METACARPIANA EN EQUINOS.....	572-574
VIGILANCIA DEL VIRUS DE INFLUENZA PORCINA EN EL ESTADO DE JALISCO.....	575-577
IDENTIFICACIÓN DE AGENTES INFECCIOSOS EN GANADO CRIOLLO RARAMURI DEL RANCHO EXPERIMENTAL LA CAMPANA, CHIHUAHUA.....	578-579
ENTEROPATÓGENOS CON MULTIRESISTENCIA, CONCURRENTES A ROTAVIRUS EN POTROS DEL CENTRO DE MÉXICO.....	580-581
PRESENCIA DE VIRUS RELACIONADOS CON EL COMPLEJO RESPIRATORIO BOVINO EN UN HATO DE GANADO CRIOLLO DE TESEACHI, CHIHUAHUA.....	582-583

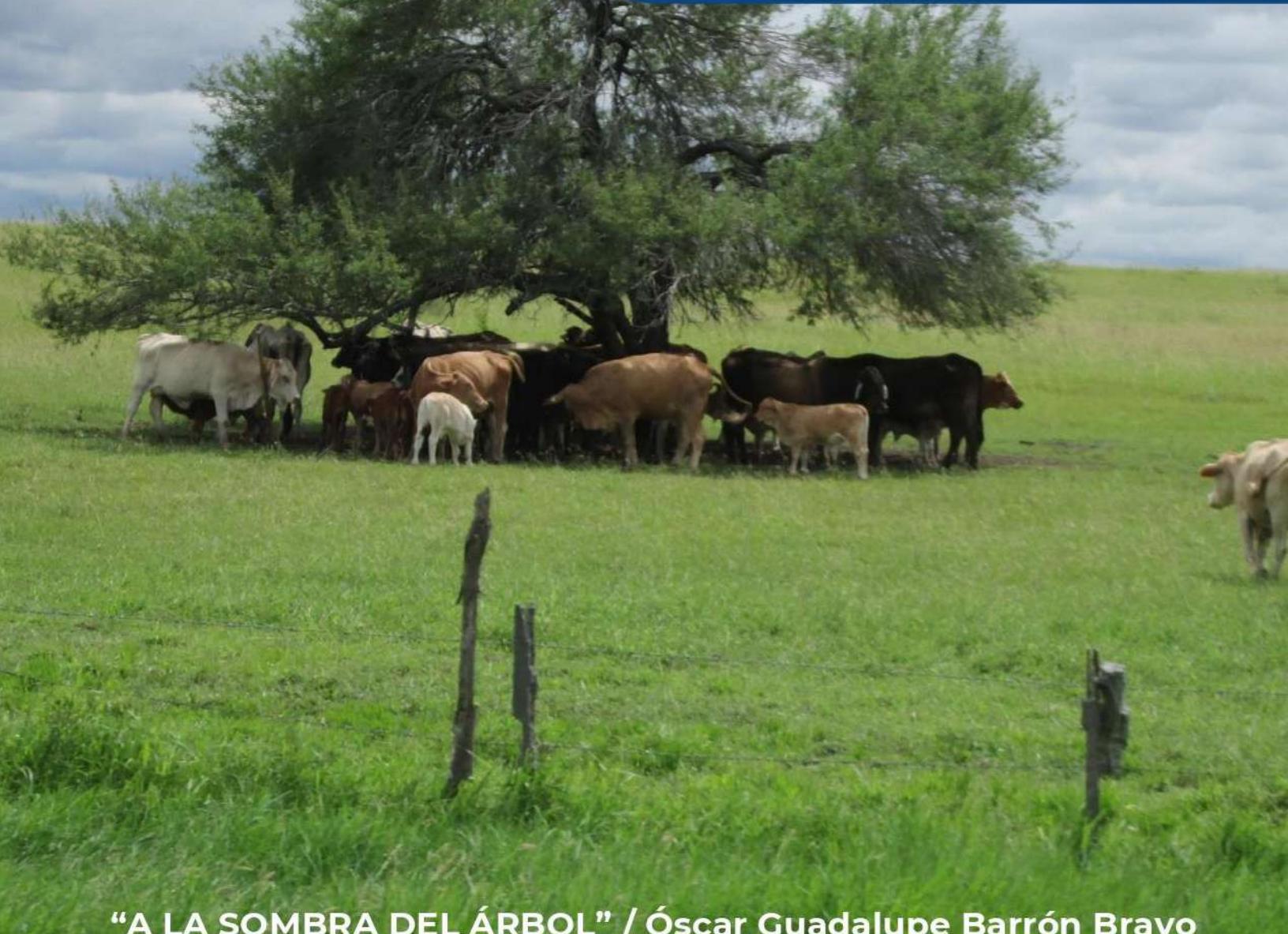
SECCIÓN: SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CARACTERIZACIÓN TRANSDISCIPLINARIA DE LA GANADERÍA FAMILIAR DE SANTO DOMINGO TOMALTEPEC, OAXACA, MÉXICO.....	584-586
--	---------

CARCATERIZACIÓN DE UNA LECHERÍA FAMILIAR.....	587-589
CRITERIOS DE DESEMPEÑO AGROECOLOGÍCO Y SU VINCULACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	590-592
ENGORDA DE CERDOS CRIOLLOS EN PASTOREO EN COATEPEC, VERACRUZ.....	593-595
ACERCAMIENTO AL ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE LA REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS PECUARIAS EN EL AÑO 2023.....	596-598
SUSTENTABILIDAD Y RESILIENCIA EN SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS DE GANADERÍA EXTENSIVA TRADICIONAL EN ZONAS ÁRIDAS DE MÉXICO.....	599-601
TIPOLOGÍA DE PRODUCTORES, USO DE RECURSOS AGROPECUARIOS Y PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA BOVINOS DOBLE PROPÓSITO EN SINALOA.....	602-604
LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA BAJO EL ENFOQUE DEL MODELO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA POR PORCICULTORES DE CUITZEÓ MICHOACÁN, MÉXICO.....	605-607
IMPACTO DEL FACTOR DE ANCLAJE EN EL PATRÓN DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA DE ENSILADO DE CERDAZA POR PORCICULTORES DE TRASPATIO.....	608-610
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRUSIÓN MONOHUSILLO DE BAJO COSTO PARA SU USO EN SISTEMAS AGROALIMENTARIOS: DISEÑO, MANUFACTURA Y PRUEBAS..	611-613
PROCESO DE TRANSICIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, TLAXCALA, DE LO RURAL A LO RURURBANO.....	614-615
ACEPTACIÓN DEL CULTIVO DE YUCA, (MANIHOT ESCULENTA), PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN LA REGIÓN DEL PAPALOAPAN Y SUR DE VERACRUZ, MÉXICO.....	616-618
EFECTO DEL TAMAÑO DE HATO EN LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL SISTEMA DE LECHE DE BOVINO DE PEQUEÑA ESCALA.....	619-621
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL NACIMIENTO AL DESTETE DE CRÍAS EN UN SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL SUBTRÓPICO HÚMEDO.....	622-624

1

Bienestar animal



“A LA SOMBRA DEL ÁRBOL” / Óscar Guadalupe Barrón Bravo

**2024 REUNIONES
científicas**
31-08 OCTUBRE
AGUASCALIENTES
ESTADOS NACIONALES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
DE CLIMA, AGRÍCOLA, FORESTAL Y ACUÍCOLA MEXICANA

LIX REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA



DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DEL USO DE SOMBRA ARTIFICIAL EN CABRAS EN PASTOREO.

Karen Lizeth Tajonar García, Ana Lucía Malváez Peralta, Lorenzo Álvarez Ramírez*

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor para correspondencia: alorenzo@unam.mx

Palabras clave: Estrés calórico, termorregulación.

Introducción

En condiciones de pastoreo, los animales pueden estar expuestos a extremos climáticos que comprometen su bienestar. La exposición directa a altas temperaturas y radiación solar pueden comprometer la capacidad termorreguladora del individuo si no cuenta con los recursos para resguardarse. En ambientes cálidos, el aumento en la sudoración y la frecuencia respiratoria son el principal mecanismo del animal para disipar calor (Al-Dawood, 2017).

Una de las estrategias sugeridas para mitigar los efectos de temperatura y radiación solar altas sobre los animales es la provisión de sombra. En varias especies en pastoreo, el recurso sombra es usado intensamente cuando la radiación solar y la temperatura ambiental alcanzan su mayor valor durante el día, con lo que mantienen su temperatura corporal y tasa respiratoria más bajas (Veissier et al., 2018; Alvarez et al., 2021; Schütz et al., 2024) incluso en climas templados (Schütz et al., 2024). En cabras estabuladas expuestas al sol, la temperatura corporal y la tasa respiratoria se incrementan en horarios de mayor radiación solar, y la protección con sombras protege de tales incrementos (Maia et al., 2014). En cabras en pastoreo, no se han descrito experiencias con el uso de sombra artificial y su efecto en la conducta de los animales.

Objetivo

Describir la intensidad del uso de sombra artificial en cabras mantenidas en pastoreo diurno y su relación con la radiación solar.

Materiales y métodos

El estudio inició durante el mes de diciembre en un centro de investigación a 150 km al norte de la Ciudad de México. El protocolo fue revisado y aprobado por el Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales (protocolo #24). Un rebaño de 67 cabras adultas se mantuvo en pastoreo rotacional diurno en praderas de alfalfa (09:30-15:30 h) y encierro nocturno (15:30-09:30 h). Los animales contaron con agua permanentemente durante el pastoreo en bebederos plásticos de 200 L. Se proveyó de sombra artificial mediante una estructura metálica acondicionada con malla sombra (40 m²), colocada a una altura de 3 m y a una distancia de 10 m de los bebederos. Luego de 5 días de adaptación a la presencia de la estructura metálica, se utilizaron muestreos de barrido cada 10 minutos y durante un total de 10 días, para registrar el número de animales que usaban la sombra, o pastoreaban activamente, según las definiciones de Schütz et al. (2024). Las observaciones fueron repetidas en el mismo rebaño de 73 cabras durante el mes de marzo-abril por un total de 12 días.

Resultados y discusión

El total de las cabras desplegó conductas de pastoreo al ingresar a las zonas asignadas. Paulatinamente, el porcentaje de animales pastoreando disminuyó y se incrementó el uso de la sombra (figuras 1 y 2). En ambos períodos de observación, las cabras utilizaron la sombra en diferentes momentos del horario de pastoreo, con un promedio de hasta 74% de animales utilizando la estructura al mismo tiempo (figura 1). Durante el día de mayor radiación solar, el porcentaje de animales utilizando la sombra al mismo tiempo alcanzó valores hasta del 90% (figura 2), mientras que el día con menor radiación se observó solo al 10% de los animales utilizando la estructura (figura 2). Resultados similares se han descrito en ovejas en condiciones de clima templado (Schütz et al., 2024).

El mayor uso de la sombra coincidió con horarios de mayor radiación solar, como ha sido reiteradamente observado en varias especies animales (Alvarez et al., 2021; Schütz et al., 2024). En consecuencia, el uso de la sombra se correlacionó positivamente con el incremento en la radiación solar en ambos períodos ($R^2=0.56$ y $R^2=0.60$, para diciembre y marzo-abril respectivamente).

En ovejas, recientemente se ha visto que incluso en climas templados el acceso al recurso sombra es importante para mejorar indicadores de bienestar. La búsqueda de sombra representa una estrategia del animal para evitar ganar calor en un ambiente cálido y con radiación solar importante, modificando también la expresión de otras conductas en su frecuencia o en el horario en que las despliega durante el día (Schütz et al., 2024).

En el escenario de calentamiento global que se presenta, los efectos del clima sobre el bienestar animal son una preocupación importante. La provisión de sombra en las áreas de pastoreo y alojamiento parecen una estrategia efectiva y factible para reducir el impacto negativo de ambientes térmicos extremos sobre la función biológica del animal y su bienestar en general (Alvarez et al., 2021; Schütz et al., 2024).

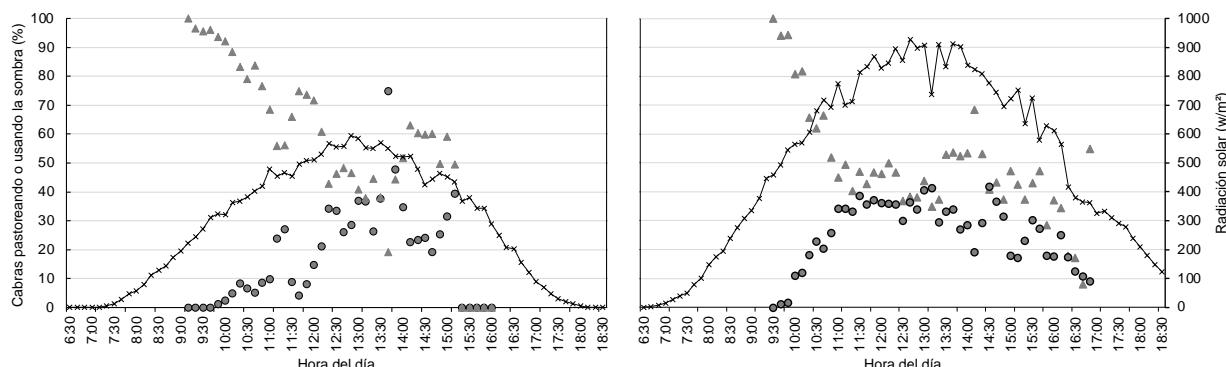


Figura 1. Porcentaje promedio de cabras usando la sombra (●) o pastoreando (▲) durante el día en relación con la radiación solar (x) en los registros de diciembre (izquierda) y marzo-abril (derecha).

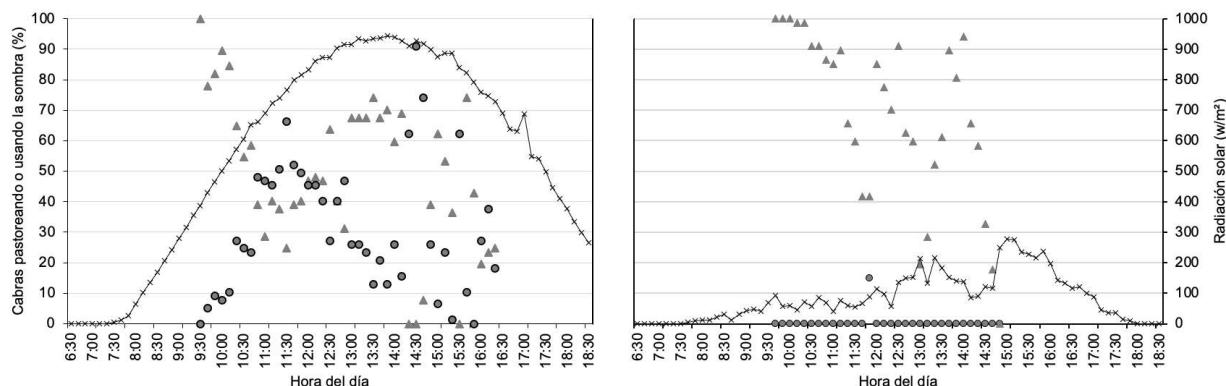


Figura 2. Porcentaje de cabras usando la sombra (●) o pastoreando (▲) en días específicos con alta (izquierda) y baja (derecha) radiación solar (x).

Conclusiones

Las cabras en pastoreo parecen mostrar una tendencia clara por el uso del recurso sombra cuando la radiación solar se incrementa. Hasta un 90% de los animales utilizan el recurso al mismo tiempo en condiciones de radiación solar elevada. Más investigación se hace necesaria para definir con claridad la preferencia por el recurso y sus posibles repercusiones en el desarrollo, desempeño, y bienestar del animal.

Referencias bibliográficas

1. Alvarez, L., N. Mejía, A. Sánchez. 2021. Artificial shade effects on behavior and body weight of pregnant grazing red deer (*Cervus elaphus*). J Vet Behav 44:32-39. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2021.05.007>.
2. Al-Dawood, A. 2017. Towards heat stress management in small ruminants – A review. Ann Anim Sci 17:59-88. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0068>.

3. Maia, A., R. da Silva, S. Nascimento, C. Nascimento, H. Pedroza, H. Domingos. 2015. Thermoregulatory responses of goats in hot environments. *Int J Biometeorol* 59:1025-1033. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0916-3>.
4. Schütz, K.E., L. R. Saunders, F. J. Huddart, T. Watson, B. Latimer, N. R. Cox. 2024. Effects of shade on the behaviour and physiology of sheep in a temperate climate. *Appl Anim Behav Sci* 106185. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106185>.
5. Veissier, I., E. Van Iaer, R. Palme, Ch. Moons, B. Ampe, B. Sonck, S. Andanson, F. Tuyttens. 2018. Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *Int J Biometeorol* 62:585-595. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1468-0>.

PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS LOCALES EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO.

María Teresa Trejo-López^{1*}, Omar Hernández-Mendo¹, Glafiro Torres-Hernández¹, Jaime Gallegos-Sánchez¹, David Hernández-Sánchez¹, Lorenzo Danilo Granados-Rivera², Jorge Alonso Maldonado-Jáquez³

¹Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán, General Terán, Nuevo León, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila, México.

*Autor para correspondencia: trejo.teresa@colpos.mx

Palabras clave: Pastoreo, estabulado, curva lactancia.

Introducción

En el norte y centro de México, cerca del 25% de las cabras se producen bajos sistemas de producción intensivos o semi-intensivos, donde las cabras se crían principalmente para la producción de leche. En este sistema, los animales reciben dietas a base de forraje y concentrado. Por otro lado, los sistemas de producción extensivos representan poco más del 70% y se ubican en zonas áridas y semiáridas del país (Tajonar *et al.*, 2022). En estas regiones los hatos caprinos están conformados por animales “criollos”, denominación ahora aceptada como “locales” (Granados-Rivera *et al.*, 2022). En México, existen aproximadamente 320,000 familias que dependen de la caprinocultura, principalmente en las zonas rurales secas (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2015), por lo que estos animales juegan un papel importante debido a que existe una necesidad de productos de alta calidad proteínica y las cabras son una opción viable para proveer de alimento a personas en zonas marginadas proporcionando productos como la leche (Tajonar *et al.*, 2022). En este sentido, la producción de leche de cabra en México durante el año 2020 fue de 163,648 L⁻¹. Particularmente en la región conocida como la Comarca Lagunera, produjo un total de 58,178 L⁻¹, es decir, aporto el 35.55% del total nacional (SIAP, 2021), siendo la región más importante productora de leche de cabra.

Objetivo

Comparar la producción de leche de cabras locales bajo un sistema de producción estabulado y pastoreo extensivo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una unidad de producción ubicada en el ejido Zaragoza, Municipio de Viesca, Estado de Coahuila, en la Comarca Lagunera. Esta región se ubica a 24° N y 104° W, a 1.100 m sobre el nivel del mar. Se utilizaron 10 cabras locales adultas, con peso promedio de 42 kg y 2.5 partos a inicios de lactancia. Las cabras se distribuyeron aleatoriamente en dos tratamientos; sistema de pastoreo extensivo (n=5) y sistema estabulado (n=5). Los animales en sistema estabulado tuvieron un periodo de adaptación de 14 días y un periodo experimental de 42 días. Las cabras se alojaron en corrales individuales de 2x3 m provistos de sobra, con comederos y bebederos individuales y agua *ad libitum*. Se ofrecieron 2.5 kg/d de alimento, el cual se diseñó de acuerdo con los requerimientos de cabras lecheras y se ofreció dos veces al día (8:00 y 16:00 h). Los animales en pastoreo hicieron recorridos de 4 a 8 km d⁻¹. Las cabras se ordeñaron manualmente a las 06:00 h y la producción de leche se midió individualmente con una báscula portátil (Torrey®, capacidad de 10 kg), una vez por semana durante todo el periodo experimental. La producción de leche se analizó como un diseño completamente al azar con un arreglo de mediciones repetidas, utilizando el procedimiento MIXED con el programa estadístico SAS v.9.0. El modelo contenía los efectos de los tratamientos, la semana y su interacción. La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó con la prueba de Tukey, $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestran los valores de producción de leche registradas durante el periodo experimental en la Comarca Lagunera. Las cabras en sistema estabulado tuvieron una mayor producción de leche que las cabras en pastoreo extensivo ($p < 0.05$). La producción de leche para cabras en sistema estabulado

(1.40 kg d⁻¹) y pastoreo (0.81 kg d⁻¹) se encuentra dentro del rango reportado para cabras en la región de la Comarca Lagunera (Granados-Rivera *et al.*, 2022).

Por otro lado, la interacción sistema de cría x tiempo fue significativa ($p<0.0048$), con aumentos en producción de leche a partir de la semana 2 en sistema estabulado y en la semana 1 en sistema de pastoreo extensivo (Figura 1). Según Torres-Hernández *et al.* (2016) la curva de producción de leche en cabras locales de la región de la Comarca Lagunera, México, el pico de producción se presentó al inicio de la lactancia y decreció gradualmente, la cual representa una curva típica de lactancia en cabras lecheras.

Cuadro 1. Producción de leche de cabras locales en sistema estabulado y pastoreo.

Variables	Tratamientos		EEM	P-Valor		
	Estabulado	Pastoreo		Trat	Tiempo	Trat*Tiempo
Producción de leche (kg d ⁻¹)	1.4076	0.8144	0.09648	0.0025	<.0001	0.0048

Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p<0.05$). Abreviaturas: EEM, error estándar de la media.

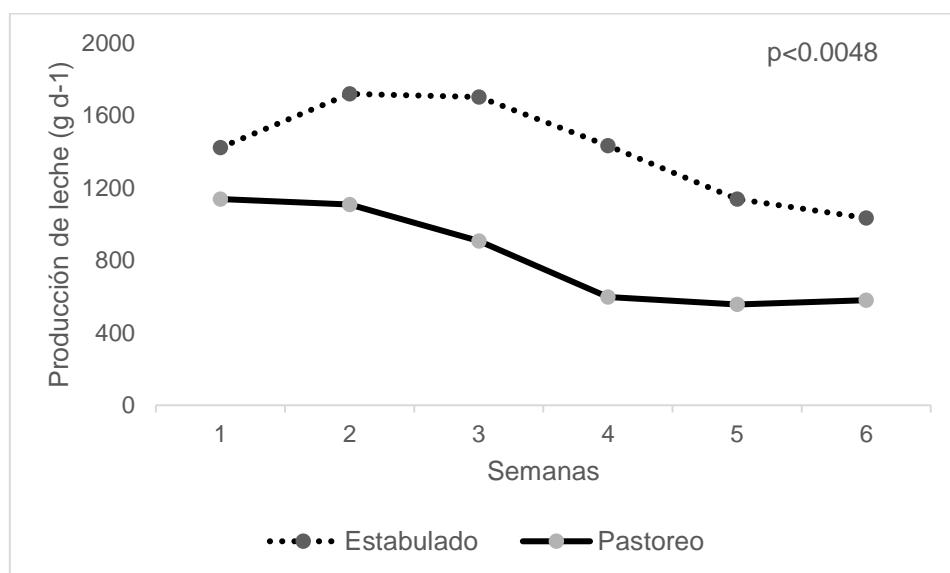


Figura 1. Variación semanal en la producción de leche de cabras locales en sistema estabulado y pastoreo extensivo. $p<0.05$ indica interacción tratamiento x semana.

Conclusiones

El sistema de cría de cabras afecta de manera importante la producción de leche, de cabras locales, en la región de la Comarca Lagunera.

Agradecimientos

Este estudio se realizó dentro de la línea de investigación (LGAC) del Programa de Ganadería: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Granados-Rivera, L. D., Maldonado-Jáquez, J. A., Domínguez-Martínez, P. A., Salinas-Chavira, J., & Bautista-Martínez, Y. (2022). Effect of the feeding system (grazing vs. zero grazing) on the production, composition, and fatty acid profile in milk of creole goats in northern Mexico. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 34(6), 502–508.

2. Pinos-Rodríguez, J. M., Gómez-Ruiz, W. J., Aguirre-Rivera, J. R., García-López, J. C., & Álvarez-Fuentes, G. (2015). Profitability of goat production in the Mexico highlands. *Outlook on AGRICULTURE*, 44(3), 223-233.
3. SIAP (2021). Avance de la producción pecuaria por producto. Leche caprina. Recuperado el 4 de junio de 2024 de http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp
4. Tajonar, K., López-Díaz, C. A., Sánchez-Ibarra, L. E., Chay-Canul, A. J., González-Ronquillo, M., & Vargas-Bello-Pérez, E. (2022). A Brief Update on the Challenges and Prospects for Goat Production in Mexico. *Animals*, 12, 1-14.
5. Torres-Hernández, G., Maldonado-Jáquez, J. A., Salinas-González, H., & Becerril-Pérez, C. M. (2016). Efecto del número de mediciones de la producción de leche en la estimación de la curva de lactancia en cabras locales de la Comarca Lagunera, México. *Revista de Sistemas Experimentales*, 3, 22–26.

VIDEO DE DIVULGACIÓN SOBRE MANEJO INTEGRAL DEL DESBOTONE EN BECERRAS LECHERAS.

Bernardo Marín Mejía^{1*}, Lorenzo Álvarez Ramírez¹

¹CEIEPAA. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM

*Autor para correspondencia: bjmarin@unam.mx

Palabras clave: Sujeción, desbotone, becerras.

Resumen

El desbotone es la práctica en que se elimina el botón germinal del cuerno. El procedimiento más utilizado requiere de cauterizar el botón luego de la infiltración analgésica y contención física del animal. Es uno de los procedimientos que mayor preocupación generan por su potencial para afectar el bienestar animal. En los programas de estudio, la práctica se encuentra enlistada como una de las habilidades a realizar y a aprender, considerando aspectos de manejo general, analgesia, sujeción física, comportamiento y resultados del procedimiento. En la presente propuesta, se hace la presentación de un video sobre el desbotone.

Objetivo

El objetivo del video es presentar y describir, paso a paso, el procedimiento del desbotone mediante cauterización térmica en becerras lactantes. La estructura del video incluye introducción, objetivo, materiales, sujeción adecuada del animal, rasurado, inervación-anestesia, prueba de sensibilidad, temperatura del cautín, cauterización del botón, retiro del botón, liberación del animal y recuperación-cicatrización. El material se presenta como una herramienta de difusión y enseñanza para estudiantes y técnicos, además de sugerirse como guía para un procedimiento de manejo estándar en los hatos. Se sugiere que, la adopción de los elementos incluidos en el video permite atenuar los riesgos para el bienestar animal, se facilita el manejo para el operador, además de que se refuerza la calidad de la enseñanza del procedimiento con los estudiantes.

Introducción

El desbotone es el procedimiento que se realiza para evitar el crecimiento de los cuernos y es práctica común en los sistemas de producción de leche. El procedimiento más utilizado aplica cauterización con hierro caliente, lo que representa una preocupación de bienestar animal importante, no sólo durante la práctica misma sino también durante el periodo de cicatrización de la lesión que se produce (Adcock y Tucker, 2018; Stanek *et al.*, 2018; Adcock *et al.*, 2019). La enseñanza del procedimiento, considerando elementos actualizados de manejo general, seguridad para el manejador y consideraciones de bienestar animal puede apoyarse de material adicional en forma de videos claramente estructurados y con buenos resultados (Winder *et al.*, 2018). El presente documento presenta un video con el objetivo de describir, paso a paso, el procedimiento del desbotone mediante cauterización térmica en becerras lactantes.

Métodos

El material fue filmado en el año 2019 en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano, en Tequisquiapan, Querétaro, utilizando becerras que se desbotonaron de acuerdo al procedimiento descrito en la literatura (Adcock y Tucker, 2018; Stanek *et al.*, 2018; Adcock *et al.*, 2019) y que es rutina de manejo en el módulo de bovinos lecheros.”. El material fue editado y se generó un video que incluyó secciones como: introducción, objetivo, materiales, sujeción adecuada del animal, rasurado, inervación-anestesia, prueba de sensibilidad, temperatura del cautín, cauterización del botón, retiro del botón, liberación del animal y recuperación-cicatrización de las lesiones.

Resultados

A continuación, se presenta la narración que se escucha en el video:

Materiales que se requieren. Para un buen desarrollo de la práctica, se necesita contar con un mecanismo de sujeción adecuado del animal; aquí utilizaremos un dispositivo elaborado por nosotros mismos, que consta de un sujetador rígido para la cabeza, fijado en el extremo de una placa de madera, como lo veremos más adelante. Será indispensable contar con un anestésico para el bloqueo nervioso de la región; en la

práctica utilizamos lidocaína al 2%. Se puede utilizar un desbotonador a gas o eléctrico. Nosotros utilizaremos el dispositivo eléctrico, uno de los más utilizados en la actividad. Queremos monitorear adecuadamente la temperatura del desbotonador, por lo que utilizaremos un termómetro de infrarrojo. Será importante contar con un par de guantes de gamuza para protección del operador; y se utilizará también una rasuradora o instrumental para corte de pelo.

Sujeción adecuada del animal. Aunque no debe esperarse un forcejeo importante del animal si la anestesia es adecuadamente administrada, para un manejo más seguro, cómodo y gentil se deberá utilizar un mecanismo sencillo de sujeción. Aquí sugerimos el uso de un sujetador rígido de cabeza, fijado a una placa de madera que se monta sobre la malla de la jaula de la becerra con el uso de un par de ganchos. Como se puede ver, el sujetador de cabeza se coloca en el borde perforado de la madera, abrazando también la malla, y se asegura con un par de tornillos hasta que quede firme. Entonces el dispositivo estará listo para acercar al animal. Todo el manejo necesario, previo y posterior a la práctica, podrá hacerse fácilmente aquí, sin forcejeos y de manera segura para el personal y para el animal mismo. El animal debe ser llevado gentilmente y sin forcejeos innecesarios hacia el sujetador ya montado, y su cabeza dirigida cuidadosamente hacia la entrada del dispositivo. Con el hocico del animal dentro, se asegura el cordón por detrás de las orejas de la becerra para mantenerla en posición. Es muy útil colocar un vendaje sobre los ojos del animal para disminuir reacciones a estímulos visuales. Todo ello permitirá un procedimiento rápido, tranquilo y seguro.

Rasurado. Es recomendable cortar el pelo alrededor de cada botón. Esto ayuda a identificar con mayor claridad cada botón y su extensión sobre el cráneo del animal. Si el botón no es claramente perceptible a la vista o el tacto, deberá esperarse unos días a que ello suceda. De otro modo se corre el riesgo de cauterizar de manera parcial el tejido germinal y el cuerno seguir creciendo.

Inervación, anestesia. En estos animales, la inervación del cuerno está dada por la rama local del nervio zigomático-temporal. El nervio se localiza en la región posterior al ojo y en dirección a la base del cuerno. La misma dirección deberá tomar la inyección del fármaco. Es indispensable infiltrar adecuadamente con un aproximado de 5 mililitros del anestésico en cada lado. Debe asegurarse que la infiltración se hace de manera subcutánea, evitando administrar por vía venosa.

Prueba de sensibilidad. Una vez transcurridos entre 5 y diez minutos, y previo a la cauterización, es importante evaluar el grado de sensibilidad en la región. Una manera eficaz de hacerlo es estimular suavemente con la punta de la aguja alrededor de cada botón. Si la infiltración del anestésico se hizo correctamente, no debería haber reacción alguna del animal. Aunque este procedimiento es útil para tener una idea del grado de sensibilidad en el área, se debe insistir en que, si el animal reacciona forcejeando o vocalizando durante el desbotone, será necesario administrar anestésico nuevamente.

Verificación de temperatura. El cautín desbotonador debe tener la temperatura apropiada. Es conveniente verificar esto mediante un termómetro de infrarrojo. El modelo de desbotonador utilizado aquí puede alcanzar hasta 600 grados centígrados, pero será suficiente si ha llegado a los 400 grados. De otra manera, la cauterización del botón podría necesitar más tiempo, o hacerse de modo incompleto. Si la temperatura del desbotonador no puede ser medida con un instrumento preciso, se tendrá una buena idea de ello al poner en contacto el cautín con una pieza de madera lisa, plana y sin corteza. Si el desbotonador deja una marca clara y permanente sobre la madera, se puede considerar que el dispositivo está listo.

Cauterización del botón. La cauterización del botón debe ser un procedimiento preciso, y rápido. El contacto del cautín desbotonador y el botón debe hacerse aplicando una ligera presión y con movimientos suaves y circulares. Después de cada contacto, se inspecciona para evaluar el avance y asegurar que todo el botón está siendo cauterizado. Por lo regular, un total de 3 o cuatro contactos son suficientes, con un tiempo total de contacto de entre 10 y 15 segundos por botón. Insistir en un mayor tiempo de contacto, particularmente si se presiona con fuerza extrema, presenta el riesgo de sobrecalentamiento, pudiendo lesionar tejido cerebral, y en casos extremos se pueden incluso presentar perforaciones craneales. Este procedimiento debería ser suficiente para cauterizar por completo el botón y detener su desarrollo. El tejido necrótico resultante se desprenderá en el lapso de algunas semanas sin que aparezcan indicios de material cárneo. En ocasiones, sin embargo, si la cauterización no fue adecuada, la permanencia del botón permitiría el resurgimiento del cuerno. Ello se evita si el botón cauterizado es también retirado como parte de la práctica.

Retiro del botón. Con el botón cauterizado como se acaba de ver, se utiliza nuevamente el desbotonador para desprender por completo el botón germinal. Con movimientos circulares y empujando cuidadosamente hacia los lados hasta su remoción, dejando visible una capa subcutánea de color claro compuesta principalmente de tejido adiposo. Se ha demostrado que el retiro del botón de esta manera hace menos probable que el cuerno aparezca en edades posteriores, además de que podría acelerar la cicatrización.

Liberación. Finalmente, y después de aplicar un desinfectante o repelente si se considera necesario, el animal puede ser fácilmente liberado de la estructura de sujeción que usamos, desatando la correa que abraza la cabeza. El animal es regresado a su corrala y el procedimiento ha terminado. Durante las primeras 24 a 48 horas luego de la práctica, se recomienda la administración de analgésicos para ayudar al animal a sobrellevar las molestias y el dolor que se presentan una vez que recupera la sensibilidad en la zona intervenida.

Recuperación. La cicatrización de la lesión, normalmente es un proceso que no tiene mayores complicaciones. En condiciones normales de higiene, no suele presentarse infección alguna, pero si la higiene general no se garantiza, puede ser recomendable el uso de desinfectantes o repelentes de moscas. La cicatrización se completa en periodos que pueden ir desde las siete hasta las 13 semanas; si la operación fue realizada adecuadamente, el tejido cierra sin que se presente material córneo alguno, lo que es signo inequívoco de que la práctica fue realizada de manera correcta.

El material se encuentra disponible para su consulta en la siguiente liga:

<https://www.youtube.com/watch?v=RCIrXrr5jfw>

Referencias bibliográficas

1. Adcock, S.J.J. y Tucker, C.B. (2018). The effect of disbudding age on healing and pain sensitivity in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 101, 10361-10373.
2. Adcock, S.J.J., Vieira, S.K., Alvarez, L. y Tucker, C.B. (2019). Iron and laterality effects on healing of disbudding wounds. *Journal of Dairy Science*, 102, 10163-10172.
3. Staneck, S., Sárová, S., Nejedlá E., Slosárová, S., Dolezal, O. (2018). Survey of disbudding practice on Czech dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 101, 830-839.
4. Winder, Ch., LeBlanc S., Haley D., Lissemore M., Godkin A. y Duffield T. (2018). Comparison of online, hands-on, and a combined approach for teaching cauterity disbudding technique to dairy producers. *Journal of Dairy Science*, 101, 840-849.

COMPORTAMIENTO MATERNO DE LA CABRA ALPINA FRANCESA DURANTE EL PARTO.

Héctor Cruz-Castellanos¹, Alejandro García-Salas^{1*}, César Cortez-Romero², Canuto Muñoz-García³, Pedro Carrillo-López¹ y Perpetuo Álvarez-Vázquez¹.

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

² Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Posgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, S.L.P., México. C.P. 78620.

³ Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 1, Ciudad Altamirano, Pungarabato, Guerrero, México, C.P. 40610.

*Autor para correspondencia: alejandro.garcias@uaaan.edu.mx

Palabras clave: Oxitocina, recién nacido, cabras.

Introducción

La caprinocultura o la cría de cabras es una actividad agropecuaria de gran relevancia en México, la cual desempeña un papel crucial en la economía rural y en la seguridad alimentaria de muchas regiones. Esta práctica ofrece múltiples beneficios, que incluye la producción de leche, carne y piel, además de ser una fuente significativa de ingresos para pequeños productores. La leche de cabra, en particular, es apreciada por su valor nutritivo y propiedades digestivas, mientras que la carne de caprino, es un componente importante de la gastronomía mexicana. La especie caprina se adapta bien a diversas condiciones climáticas y geográficas del país, especialmente en zonas áridas y semiáridas, donde otras especies pecuarias y formas de ganadería pueden ser menos viables. Por lo anterior, las cabras son animales resistentes y requieren menos recursos comparadas con otras especies ganaderas, lo que las hace ideales para comunidades con limitaciones económicas y ambientales (Garduño-Casasola, 2023). Asimismo, esta actividad contribuye a la preservación de tradiciones culturales y prácticas agrícolas sostenibles, lo cual apoya la biodiversidad y el manejo responsable de los recursos naturales. En resumen, la caprinocultura en México no solo es una fuente vital de productos animales, sino también un pilar de la economía rural y una práctica sostenible que fortalece las comunidades locales.

Objetivos

Realizar un estudio referente al comportamiento materno de las cabras Alpina Francesa durante el proceso del parto

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Caprina en la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, ubicada en SALTILLO, COAHUILA MÉXICO. Se utilizaron 12 cabras de la raza Alpina Francesa, con una edad y peso promedio de 19.08 ± 7.4 meses y 28.42 ± 2.9 kg, respectivamente; las cuales se distribuyeron al azar en dos tratamientos: 1) Aisladas, seis fueron confinadas en corraletas (2×1.5 m) de forma individual, y 2) Grupo, seis cabras fueron confinadas en un solo corral (14×14 m). Las actividades que se desarrollaron durante el periodo de parto de las 12 cabras, fueron mantenerlas en observación constante a partir de las fechas posibles al parto, lo cual implicó el levantamiento de datos desde el momento en que las cabras presentaban actitudes referentes al parto, así como al momento del nacimiento o en algunos de los casos los partos gemelares, la limpieza del recién nacido por parte de la madre, el que recién nacido se ponga de pie y realice el amamantamiento y, por último, la expulsión de la placenta por parte de la madre. El experimento se realizó mediante un diseño completamente al azar, el análisis de las variables se realizó mediante el uso del programa Infostat versión 2020e, con un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p<0.05$).

Resultados y discusión

El comportamiento de la cabra durante el proceso del parto puede estar influenciado por muchos factores internos que ocurren en el organismo del animal, así como también externos, los que ocurren en el medio ambiente.

Los resultados obtenidos bajo las condiciones en las que se realizó la presente investigación no presentan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p>0.05$). Sin embargo, existe una diferencia numérica en todas las variables evaluadas (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Comportamiento materno durante el proceso de parto en cabras Alpina Francesa aisladas y en grupo.

Tratamientos	T1=Aisladas	T2=Grupo	EEM
Rompimiento de bolsa (min)*	25.33	32.67	7.47
Expulsión primer producto (min)*	42.50	43.00	7.74
Limpia primer producto (min)*	43.67	48.67	6.81
Se pone de pie primer producto (min)*	56.00	48.00	6.9
Toma calostro primer producto (min)*	77.00	76.25	13.22
Expulsión segundo producto (min)*	57.0	50.5	10.89
Limpia segundo producto (min)*	58.0	55.5	10.89
Se pone de pie segundo producto (min)*	67.0	58.0	16.44
Toma calostro segundo producto (min)*	94.0	85.0	18.38
Expulsión de placenta (min)*	141.33	121.17	12.81

*Minutos posteriores al inicio del parto. EEM= Error Estándar de la Media. Literales diferentes en la misma fila presenta diferencias significativas ($p<0.05$).

Las condiciones de alojamiento en las que se mantuvieron las cabras durante el tiempo que duró el estudio pudieran explicar esos ligeros cambios en el comportamiento de las mismas. Las modificaciones en los tiempos de algunos eventos y el comportamiento maternal pueden estar influenciados por el bienestar animal; es decir, si las cabras se sienten estresadas o en peligro, estas pueden retrasar el trabajo de parto, debido a la inhibición de la acción de la oxitocina en el trabajo de parto. La liberación de oxitocina por parte de la hipófisis posterior al torrente sanguíneo es necesaria para iniciar el proceso fisiológico de expulsión fetal. Como consecuencia es importante mencionar que los niveles de oxitocina en el organismo de la cabra podrían influir en el intervalo de expulsión o en el tiempo total del parto. Así mismo, en ovejas y cabras se ha observado que presentan un comportamiento maternal respondiendo a ofrecer rápidamente lamidos, amamantamiento y balidos graves (durante los primeros minutos posparto). Estos comportamientos son parte de la capacidad sobre la respuesta materna a la cascada hormonal iniciada por los estímulos ejercidos en la región vaginocervical, donde se estimula la secreción de oxitocina y, en consecuencia, se lleva a cabo la activación de estructuras cerebrales como el sistema olfativo principal. Estos estímulos llevarán a unos buenos niveles de liberación de oxitocina y con ello a una mejor respuesta del comportamiento maternal de la cabra manifestando un mayor apego y protección de las crías (Rojas et al., 2023). Por otra parte, el comportamiento de las cabras cuando se encuentran en grupos, el comportamiento de ellas antes del parto lo manifiestan separándose del grupo, por instinto de protección ellas buscan un lugar apropiado y protegido, principalmente algún espacio donde poder mantener a salvo sus crías, siendo como por ejemplo alguna pared o esquina del corral, este lugar lo prefieren cuando está seco y es seguro (González-Stagnaro and Madrid-Bury 2004). Para lograr la supervivencia del recién nacido, esta depende totalmente de los cuidados que le proporcione la madre, en primera instancia que lama a los cabritos tras el parto, con ello le estará brindando una estimulación para que respire, la eliminación de las membranas amnióticas, la mejora del tono muscular, el secado del pelo del cabrito y el establecimiento del vínculo madre-hijo; en consecuencia, el cabrito se pondrá de pie lo más pronto posible y la madre le estará permitiendo la ingesta del calostro (Lickliter 1985; Nowak and Poindron 2006).

Conclusiones

Por el comportamiento que presentan las cabras de forma natural, se concluye que las cabras se les debe alojar en lugares cómodos de manera aislada para ofrecerle un mejor confort y que ella se sienta segura al momento del parto y con ello lograr una mayor supervivencia de las crías. Por otra parte, se recomienda realizar más estudios con un mayor número de animales para obtener resultados más precisos.

Agradecimientos

A la Coordinación de la División de Ciencia Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Referencias bibliográficas

1. Garduño-Casasola, I. 2023. "Conversatorio: perspectiva de la producción caprina en México". Gaceta Digital Comunidad. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Disponible en: <https://gacetacomunidad.cuautitlan.unam.mx/conversatorio-perspectiva-de-la-produccion-caprina-en-mexico>;:citation[oaicite:1]{index=1};
2. González-Stagnaro, C. and N. Madrid-Bury. 2004. "El Parto En Cabras Criollas." *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia* 14(2):124–32. DOI...<https://doi.org/10.15867/2004.124>
3. Lickliter, R. E. 1985. "Behavior Associated with Parturition in the Domestic Goat." *Applied Animal Behaviour Science* 13(4):335–45. doi: 10.1016/0168-1591(85)90013-9.[https://doi.org/10.1016/0168-1591\(85\)90013-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(85)90013-9)
4. Nowak, R. and P. Poindron. 2006. "From Birth to Colostrum: Early Steps Leading to Lamb Survival." *Reproduction Nutrition Development* 46(4):431–46. doi: 10.1051/rnd:2006023.<https://doi.org/10.1051/rnd:2006023>
5. Rojas, D. M., M. M. Rius, A. D. Oliva, J. M. Burnes, K. L. Garcia, I. H. Avalos, D. R. Gonzalez, and C. B. Frosini. 2023. "The Role of Oxytocin in Domestic Animal's Maternal Care: Parturition, Bonding, and Lactation." *Animals* 13(1207):1–20. DOI..<https://doi.org/10.3390/animals131207>

PREVALENCIA DE PARÁSITOS INTESTINALES EN GANADO BOVINO EN LA REGIÓN DE COSCOMATEPEC DE BRAVO, VERACRUZ.

Blanca Patricia Peña-Revuelta¹, José González-Avalos², Melisa C. Hermosillo-Alba¹, Reyna Roxana Guillén-Enríquez¹, Ramiro González-Avalos^{1*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México.

²Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

*Autor para correspondencia: jaliscorga@gmail.com

Palabras clave: Bovinos, helmitosis, nematodo.

Introducción.

Las enfermedades parasitarias, por su alta distribución, están consideradas como el factor primario en la reducción de la productividad pecuaria. La mayor relevancia se les atribuye a los nematodos gastrointestinales, de manera especial en los países tropicales, ya que los pastos constituyen la base alimentaria de los rumiantes y las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de estas parasitosis (Soca et al., 2007). Los animales de abasto sufren la acción perjudicial de ciertos organismos macro y microscópicos entre los cuales tenemos a los parásitos, dentro de los principales problemas que afecta directamente la salud de los rumiantes y que por consiguiente se reflejan en su productividad, la nematodosis gastroenterítica representan un problema de salud que impacta considerablemente a la producción ganadera afectando a rumiantes en especial bovinos de diferentes edades que se encuentran en zonas tropicales, subtropicales y templadas del mundo (Vázquez et al., 2004). En todo el mundo los nematodos gastroenteríticos provocan daños de diversas magnitudes en el ganado que se manifiestan, con signos como diarrea y anorexia lo que a largo plazo reflejan desde una mala conversión alimenticia que determina su capacidad productiva expresándose en bajo peso, leche, carne e incluso hasta la muerte en caso de infecciones agudas (Prats et al., 2014).

Otro de los parásitos que afectan a los bovinos es la coccidia, esta tiene una gran importancia económica en las especies de animales domésticos productores de alimento para consumo humano, la coccidiosis ejerce mayores efectos adversos sobre la salud y productividad de los animales, sobre todo cuando éstos se encuentran sometidos a sistemas de producción intensivos. A nivel mundial su gran relevancia en los sistemas de producción con bovinos causa pérdidas indirectas (por la morbilidad: pérdida de peso, baja conversión alimenticia, retardo en el crecimiento, costos por gastos en servicio médico veterinario especializados y medicinas para su tratamiento (Tamasaukas et al., 2010).

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue identificar parásitos gastrointestinales que afectan a los bovinos de la región de las altas montañas de Coscomatepec de Bravo, Veracruz.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el municipio de Coscomatepec Veracruz, que se encuentra ubicado en la zona centro del Estado. El experimento se llevó a cabo con un total de 200 cabezas de ganado bovino de diferentes edades y razas que tenían antecedentes de no haber sido desparasitados con un mes antes de haber tomado las muestras. Las heces de los bovinos obtenidas fueron tomadas en diferentes hatos de la región. Las heces de los bovinos obtenidas fueron tomadas en diferentes hatos de la región. Para poder realizar este estudio se obtuvieron muestras de heces fecales de aproximadamente 30 grs/Ua, tomadas directamente del recto de los animales. Las muestras que se tomaron fueron llevadas al laboratorio el mismo día con la finalidad de obtener resultados más precisos, las heces estuvieran frescas y no tener rezago ni perdida de material fecal. Una vez estando las muestras en el laboratorio, se procedió a realizar el examen coprológico de las heces obtenidas. Las muestras fueron analizadas mediante la técnica de flotación con solución glucosada (coproparasitoscópica).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos para la identificación de los parásitos gastrointestinales (Cuadro 1), en bovinos en sistema de pastoreo fueron identificados los de mayor incidencia.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes, *Dyctyocaulus viviparus* con 38%, *Toxocara vitulorum* 27%, *Trichostrongylus* con 15 %, *Strongyloides* 14 % y *Oesophagostomum* con 6 %.del total de las muestras analizadas. Los bovinos en la región de las altas montañas de Coscomatepec de Bravo, Veracruz se encuentran parasitados. García y Quito (2017) en los cantones occidentales de la provincia del Azuay, Ecuador; se realizó un estudio y se identificaron géneros de parásitos gastrointestinales en bovinos; *Eimeria bovis* 51%, *Ostertagia* spp 16.1% *Oesophagostomum* spp. 12.6% *Paramphistomum cervi*, 6.2%, *Cooperia* spp 5.3 %, *Bunostomum* spp. 3.2 %, *Haemonchus* spp. 1,7 % *Moniezia Expansa* 0.3 %, *Toxocara Vitulorum* 02%, y *Trichostrongylus Axei* 0.1 %.).

Cuadro 1. Identificación de parásitos gastrointestinales de bovinos en la región de las altas montañas Coscomatepec de Bravo, Veracruz.

No de muestras	Parásito	Positivos	% del total
200	<i>Dictyocaulus Viviparus</i>	93	38
	<i>Toxocara Vitorulum</i>	64	27
	<i>Trichostrongylus</i> sp	37	15
	<i>Strongyloides</i>	34	14
	<i>Oesophagostomum</i> sp	15	6

Conclusiones

Los resultados obtenidos de la presente investigación permiten concluir que los bovinos en la región de las altas montañas de Coscomatepec de Bravo, Veracruz se encuentran parasitados por una gran variedad de nemátodos, céstodos y protozoarios. Se sugiere establecer programas de desparasitación, con la finalidad de mejorar dichos sistemas y la calidad de vida de los animales.

Referencias bibliográficas

1. Soca, M., Simón, L. Y Roque, E. 2007. Árboles y nematodos gastrointestinales en bovinos jóvenes: Un nuevo enfoque de las investigaciones. Faculta de medicina veterinaria. Universidad agraria de la habana. Cuba. pp. 1-16
2. Vázquez, P. V., Crespo, F. M., Santiago, V. C., Herrera, R. D., Palacios, F. A., Liévano, H. E., Y A, P. Ortega. 2004. Frecuencia de nematodos gastroentericos en bovino de tres áreas de clima subtropical húmedo de México. Técnica pecuaria en México. 42(2):237-245
3. Prats, V.M., Flores, J., Santiago, C., Herrera, D., Palacios, A., Liébano, E. Y Pelcastre, A. 2014. Frecuencia de nematodos gastroenterico en bovinos de tres áreas de clima subtropical húmedo de México. Tecnológico pecuario México. pp. 237-245.
4. Tamasaukas, R., Agudo, L., Vintinilla, M. 2010. Patología de la coccidiosis bovina en Venezuela. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 11(07):1-39.

APLICACIÓN DE UN PROTOCOLO DE BIENESTAR ANIMAL EN UNA UNIDAD CUNÍCOLA REPRESENTATIVA DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO.

Yamileth Jerónimo-Romero¹, José Guadalupe Herrera-Haro^{1*}, María Esther Ortega-Cerrilla¹, María Concepción Méndez-Gómez-Humarán², Silvia Larios-Cueto³

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56264; ²Universidad Autónoma de Querétaro. Avenida de las Ciencias s/n, Juriquilla, Querétaro, México. C. P. 76230; ³Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México. CP 56230.

*Autor para correspondencia: haro@colpos.mx

Palabras clave: IRTA, hembras y gazapos, sementales.

Introducción

Los consumidores de alimentos de origen animal consideran al Bienestar Animal (BA) como un aspecto importante para orientar sus preferencias, por lo que resulta clave su evaluación dado que es un atributo de calidad (Cullere y Dalle Zotte, 2018). Los proyectos Welfare Quality® y Animal Welfare Indicators® (AWIN) desarrollaron protocolos estandarizados para evaluar el BA en diferentes especies. Sin embargo, los conejos no fueron incluidos en ninguno de estos proyectos debido a su bajo impacto económico, a pesar de que se crían principalmente en confinamiento (Almeida y Silva, 2024). Por su lado, el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA, por sus siglas en catalán) desarrolló un protocolo de evaluación para conejos basado en Welfare Quality®, siendo una herramienta de evaluación del BA utilizada para identificar puntos críticos de mejora e inversión a nivel de explotación, comparar resultados entre cunicultores, realizar autoevaluaciones y crear canales de comunicación con los consumidores (Dalmau *et al.*, 2023). Actualmente es necesario realizar más investigaciones sobre la validación, viabilidad y repetibilidad de los indicadores de evaluación de BA en la cunicultura que se desarrolla en México (Almeida y Silva, 2024). La Unidad de Producción Cunícola (UPC) del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo se consideró como una explotación representativa de la cunicultura en el Oriente del estado de México, y el objetivo de este estudio fue describir la aplicabilidad del protocolo de bienestar animal del IRTA para las hembras con gazapos y los sementales en dicha UPC.

Materiales y métodos

La UPC analizada se ubica en Texcoco, estado de México, y se clasifica como un sistema semi-tecnificado, semi-intensivo, con un intervalo entre partos de 49 días, monta natural y ciclo completo. El área de reproducción cuenta con 70 hembras con sus respectivos gazapos menores de 35 días, y 6 sementales. Se evaluaron 30 hembras con sus camadas, las cuales se encontraban cerca del parto, de la monta y del destete; y 6 sementales. La evaluación duró alrededor de 180 minutos, iniciando a las 8 am.

Los datos fueron recolectados por un solo evaluador mediante observación directa, procurando una interacción mínima con los animales. Se utilizó el protocolo de evaluación de bienestar para conejos reproductores y gazapos desarrollado por el IRTA (Dalmau, *et al.*, 2023), el cual evalúa parámetros basados en el animal y en el ambiente. El protocolo consta de los principios: 1) Buena Alimentación; 2) Buen Alojamiento; 3) Buena Salud; y 4) Comportamiento Apropriado; los cuales se dividen en once criterios y se subdividen en 58 parámetros. El protocolo define los porcentajes necesarios en cada parámetro para que se considere excelente o aceptable y se asigne el puntaje correspondiente. Si un parámetro no es aceptable, el puntaje es automáticamente cero. Además, hay parámetros que, si no se cumplen, resultan en una penalización directa restando puntos en la evaluación del criterio. Las calificaciones son resultado de la suma de puntos y ponderación de cada criterio y principio; el puntaje final va de 0 a 100 y se obtiene de la siguiente forma:

Puntaje final de BA = (alimentación * 0.15) + (alojamiento * 0.3) + (salud * 0.35) + (comportamiento * 0.2)
La categoría de BA que se asigna a la UPC depende del puntaje final: 1) Insuficiente, menor de 20 puntos; 2) Suficiente, de 20 a 55 puntos; 3) Bueno, de 56 a 80 puntos; y 4) Excelente, más de 80 puntos.

Resultados y discusión

Buena alimentación

El acceso a leche y comida de los gazapos obtuvo calificación excelente (100 %). Los parámetros calificados como aceptables fueron limpieza de comedero (80 %), un bebedero por jaula, funcionalidad del bebedero (97 %) y la altura del bebedero (22 cm). Los parámetros no aceptables fueron la condición corporal (67 % conejos delgados); 27 % de los bebederos sucios, del cual el 20 % se observó en las jaulas de los sementales. Se restaron 20 puntos por no contar con bebederos suplementarios con medicamento. El puntaje del criterio de ausencia de hambre prolongada fue de 3 y para ausencia de sed prolongada fue de 10.5. El puntaje para el principio de buena alimentación fue de 6. En Brasil encontraron problemas relacionados con el número de bebederos, su funcionamiento y limpieza (da Silva *et al.*, 2022).

Buen alojamiento

Se observaron conejos completamente estirados y con facilidad de movimiento. No se observaron animales jadeando, temblando, presencia de polvo, patrones y calidad de luz inadecuados, la calidad del nido para gazapos menores de 8 días fue buena y la altura de la jaula fue de 39 cm, por lo que estos parámetros fueron excelentes. El parámetro de espacio disponible en jaula fue aceptable con 2574 cm². Los parámetros no aceptables fueron animales mojados (13 %), animales sucios (13 %) y todos se presentaron en los sementales; falta de reposo patas y registros de temperatura ambiental. Se restaron 20 puntos por ausencia de plataforma elevada y otros 20 por falta de registros de temperatura de flameado. El puntaje por el criterio de confort y descanso fue -15.5 debido a la penalización por no contar con plataformas elevadas en las jaulas; confort térmico -20 por no contar con registros de temperatura ambiental ni de flameado; y facilidad de movimiento obtuvo 31 puntos. El puntaje para el principio de buen alojamiento fue de -0.35. En México, al igual que en Brasil, no es común en la rutina de una granja registrar la temperatura máxima y mínima todos los días o registrar los días en que ocurrió el flameado (da Silva *et al.*, 2022).

Buena salud

No se observaron lesiones en el cuerpo ni orejas, orejas caídas, tos, estornudos, descarna nasal ni ocular, dermatitis, abscesos, tortícolis, enteropatía, mutilación por identificación ni área sin pelo (sólo en sementales), y el intervalo entre partos de 49 días, estos parámetros se calificaron como excelente; mientras que la presencia de diarrea (3 %) fue aceptable. La incidencia de pododermatitis (70 % moderada y 10 % severa), cojeras (10 % moderado), mortalidad (10 %), eliminación (0 %) y reposición (se desconoce) fueron no aceptables. Los parámetros que se penalizaron fueron limpieza de jaulas (-20 puntos), jaulas con riesgo de provocar lesiones (-15 puntos) y presencia de moscas (-10 puntos), mientras que no se restaron puntos por sarna. No se realiza matanza de emergencia y no se puede evaluar el aturdimiento, por lo tanto, se considera no aceptable. El puntaje del criterio de ausencia de lesiones fue de -6.5, para ausencia de enfermedades fue de -22.95, y para ausencia de dolor por manejo fue 0. El puntaje final del principio de buena salud fue de -2.6. Da Silva *et al.* (2022) no observaron tortícolis ni mutilación por identificación. Se reportó una incidencia de al menos 20 % de pododermatitis, presencia de signos oculares y respiratorios, intervalo entre partos menor a 49 días, limpieza de jaulas no aceptable y en granjas institucionales de identificó la matanza de emergencia con aturdimiento.

Comportamiento adecuado

La prueba de acercamiento humano y la ausencia de comportamiento social negativo fueron excelentes. No hay enriquecimiento ambiental, el encargado de la UPC no tiene formación en BA y el 7 % de los conejos presentaron estereotipias, por lo que estos parámetros no fueron aceptables. No se restaron puntos por animales aislados, restricción de lactancia, el material del nido fue suficiente y adecuado, y las camadas se tocan diariamente durante la inspección de mortalidad. El puntaje para el criterio de expresión de la conducta social fue de 100, para expresión de otras conductas 0, y para buena relación hombre-animal 49. El puntaje para el principio de comportamiento adecuado fue de 49. Da Silva *et al.* (2022) observaron animales con interacciones sociales negativas y estereotipias, falta de enriquecimiento ambiental y deficiente material para nido. No se penalizaron puntos por restricción de acceso al nido, pero sí por animales aislados. La prueba de acercamiento humano fue aceptable, sin embargo, no se tocaron a las camadas diariamente.

Evaluación general

Si se aplica rigurosamente el protocolo del IRTA, elaborado para las condiciones de producción cunícolas europeas, el puntaje final de la evaluación de BA de este estudio es de 9.8, por lo que esta UPC se categoriza como insuficiente. Los bajos puntajes se deben a que varios parámetros no alcanzaron los valores mínimos aceptable y se calificaron como 0, al igual que los parámetros de penalización restan hasta 40 puntos directo en la evaluación de los criterios, además de que varios de los parámetros de salud que

resultaron excelentes, tenían una ponderación baja dentro de sus criterios, por lo que no fueron tan relevantes al momento de la evaluación, en cambio criterios no aceptables, como condición corporal o el reposo patas, tenían la ponderación más alta dentro de su criterio, 70 % y 30 % respectivamente.

Da Silva *et al.* (2022) obtuvieron una puntuación final promedio de 58 y se categoriza como bueno, sin embargo, utilizaron una versión anterior del protocolo (2017) y realizaron cambios al mismo para que se adapte mejor a sus condiciones de producción. La evaluación final entre cada UPC puede ser muy distinta, ya que depende del manejo, equipo y condiciones ambientales, así como del evaluador.

Conclusiones

Los puntajes pueden mejorar con acciones de manejo, como buena limpieza en el equipo, vigilar que los conejos no bajen su condición corporal, tomar registros reproductivos y ambientales y proporcionar material de enriquecimiento ambiental. De igual forma es necesario implementar un sistema de matanza de emergencia adecuado y mejorar las condiciones de bioseguridad para reducir la presencia de moscas. Se requiere dar asesoría y seguimiento a los cunicultores, para seguir fomentando la implementación de todas estas prácticas en las UPC, y dentro de lo posible, estandarizar el manejo. Se sugieren adaptaciones al protocolo para tener una evaluación más objetiva para las condiciones de la región Oriente del estado de México, por ejemplo, algunos parámetros como la presencia de reposa patas, la plataforma elevada y más de un bebedero por jaula, en vez de disminuir puntos podría aumentarlos y así impulsar el uso de estos equipos. De igual forma, se sugiere incluir al área de reemplazo dentro de la evaluación de la UPC.

Agradecimientos

Este estudio se realizó dentro de la LGAC del Programa de Ganadería: “Ganadería eficiente, bienestar sustentable y cambio climático”, y el programa investigadoras e investigadores del COMECYT.

Referencias bibliográficas

1. Almeida, M., & Silva, S. R. (2024). Welfare Protocols for Rabbits. In *Veterinary Care of Farm Rabbits: A Complete Practice Guide to Rabbit Medicine and Production*, 189-200. Cham: Springer International Publishing.
2. Cullere, M., & Dalle Zotte, A. (2018). Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Science*, 143, 137-146. doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.029
3. da Silva, K. G., Borges, T. D., Costa, L. B., Dalmau, A., Sotomaior, C. S. (2022). Rabbit welfare protocols under Brazilian conditions: The applicability of welfare protocols in rabbit farms for different purposes—First results. *Journal of Veterinary Behavior*, 54, 36-53.
4. Dalmau, A., Pallisera, J., Moles, X., Baulida, B., Xercavins, A., Velarde, A. (2023). Protocolo de evaluación de bienestar para conejos reproductores y gazapos. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), Spain, 49 p.

LA TERMOGRAFÍA COMO UNA HERRAMIENTA EN EL DIAGNÓSTICO DE MASTITIS SUBCLÍNICA EN CABRAS LECHERAS (ESTUDIO PRELIMINAR).

Arreola Fragoso-Maribel¹, Rocío Angélica Ruiz-Romero³, Paolo César Cano-Suarez^{1, 2*}, Rocío Ibarra-Trujillo¹, Karen Guadalupe Ayala-Pereyro¹, Angélica María Terrazas-García¹, Rosalba Soto-González¹

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Ciencias Pecuarias, ²Centro de Enseñanza Agropecuaria Carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, San Sebastián Xhala, 54714 Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México, ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes, Laboratorio de Enseñanza e Investigación, Ciudad Universitaria, Av. Universidad #3000, Colonia, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México.

*Autor para correspondencia: cesar_mvz19@comunidad.unam.mx

Palabras clave: Termografía, mastitis, cabras.

Introducción

La cámara termográfica infrarroja es una tecnología no invasiva la cual permite visualizar y medir la temperatura superficial, mediante la recolección de la radiación infrarroja emitida y reflejada en la superficie corporal de los animales (Ranjana, et al., 2017). Se han descrito distintos usos dentro de la Medicina Veterinaria, aplicada mayormente en procesos que cursan con cambios de temperatura provocados por traumatismos, infecciones, inflamaciones y procesos neurológicos. Lo cual, permite el diagnóstico temprano de distintas patologías. (Mota, et al., 2022; Shuailong, et al., 2022). En vacas, ovejas y camellas, se ha descrito que la utilización de la cámara termográfica infrarroja puede monitorear el calor emitido por la ubre y el pezón ayudando a detectar mastitis de forma temprana.

Objetivo

Evaluar si los cambios de temperatura en la glándula mamaria registrados durante la lactación temprana están relacionados con mastitis subclínica.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicada en el Estado de México, México. Se utilizaron 15 cabras multíparas y 13 cabras primíparas, con aptitud lechera de las razas Alpina Francesa y Toggenburg. Las cabras fueron alimentadas con balanceado comercial (18% de Proteína Cruda, Nutrición Técnica®), ensilado de Maíz, Avena y Alfalfa henificada, según sus requerimientos fisiológicos (NRC, 2007); así como acceso a agua *ad libitum*. Se tomaron 8 muestras de leche durante un mes de ambos medios de las 28 cabras muestreadas, el mismo día del muestreo de leche se tomaron fotografías con ayuda de la cámara termográfica Fluke® a un metro de distancia. Las muestras de leche permanecieron en congelación a -17° C, para su posterior evaluación. Las muestras de leche se evaluaron en el laboratorio de Enseñanza e Investigación del Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para su análisis bacteriológico. Todas las muestras que se recibieron, se descongelaron gradualmente colocándose a 4°C durante 24 horas, transcurrido este tiempo, las muestras se agitaron en Vortex^{1*} para homogenizarla y liberar las bacterias que pudieran encontrarse atrapadas en los glóbulos de grasa. Se realizó un frotis directo y se llevó a cabo la tinción de Gram. Con el fin de identificar únicamente bacterias mesofílicas facultativas, se colocaron 30 µl de la muestra en una placa de agar sangre y agar MacConkey en la primera estría para realizar el primocultivo, ambas placas se incubaron a 37°C durante 24 horas en condiciones de aerobiosis, en caso de no observar crecimiento se incubaron durante 48 horas más hasta descartar crecimiento bacteriano. Los cultivos fueron examinados para determinar la morfología macroscópica de las colonias desarrolladas y su número relativo de acuerdo con el número de cuadrantes del agar en donde se observó crecimiento bacteriano. A partir de las colonias representativas se realizó un frotis fijo teñido con Gram para guiar la identificación bioquímica. En cuanto a los cocos Gram positivo catalasa positivo se realizaron las pruebas bioquímicas correspondientes para identificarlos como *Staphylococcus spp* o *Micrococcus spp*. Para el análisis estadístico de las temperaturas se utilizó una correlación de Spearman y pruebas de Kruskal-Wallis y Wilcoxon.

Resultados y discusión

Las temperaturas promedio de los dos medios en la base de la cisterna del pezón se encuentran resumidas en la tabla1. Se encontró una correlación baja (0.2 prueba de Spearman) entre la temperatura de la cámara y el diagnóstico de laboratorio. Los cultivos de las bacterias que crecieron fueron las siguientes (*Staphylococcus spp* 11%, *Proteus spp* 3%, *Bacillus spp* 36%).

Tabla1. Temperatura promedio de la base de la cisterna de la glándula mamaria de las cabras.

Temperatura promedio de la termografía (°C)		
	Positivo	Negativo
Medio derecho	36.8 ± 0.7	36 ± 0.9
Medio izquierdo	36.3 ± 0.9	35.9 ± 0.9

La temperatura promedio entre el medio derecho y el medio izquierdo no fue diferente ($P<0.08$, prueba de Kruskal-Wallis). De la misma forma cuando se compararon las temperaturas entre las diagnosticadas en el laboratorio como positivas o negativas para cada medio no se encontraron diferencias entre estas ($P<0.1$), Prueba de Wilcoxon en ambos casos (Fig. 1). Finalmente se encontró un porcentaje mayor en el medio izquierdo con un diagnóstico positivo en comparación con el medio derecho, aunque no fue diferente (Fig. 2).

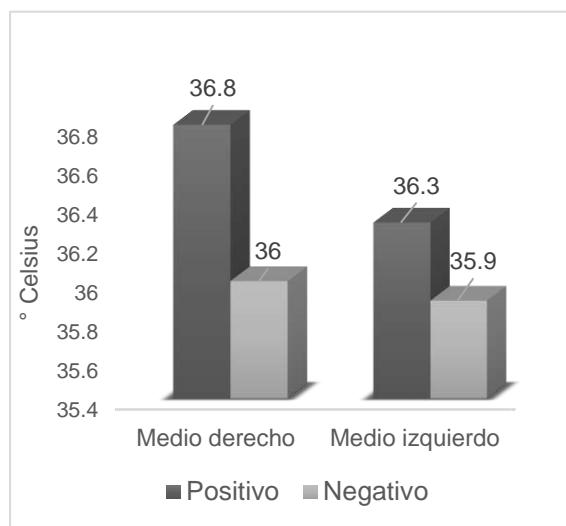


Figura 1. Temperatura ° C promedio de la termografía en medio derecho y medio izquierdo en cabras lecheras ($P<0.1$)

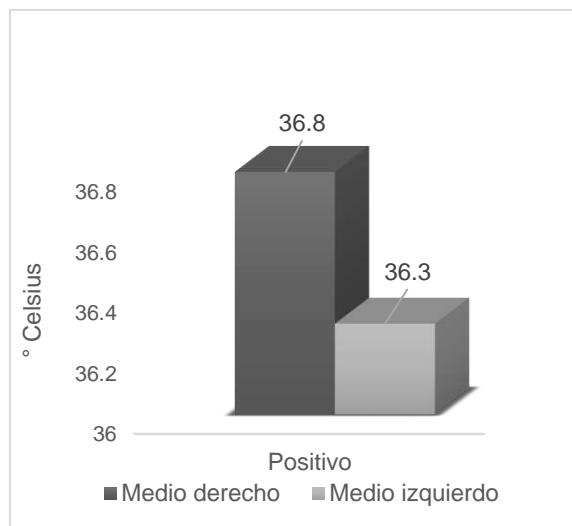


Figura 2. Temperatura ° C promedio de la termografía en medios positivos ($P<0.1$)

Conclusiones

La temperatura de la cisterna de la ubre mostró una correlación baja con la leche de las cabras en la que se desarrolló algún agente patológico sugerente de mastitis. Sin embargo, esperamos generar futuros estudios con un mayor número de observaciones en diversas áreas de la ubre para determinar si es posible utilizar la termografía como una herramienta en la detección temprana de mastitis en cabras lecheras

Agradecimientos y fuente financiadora

UNAM-PAPIIT IN224220; UNAM-FESC-CI2245; UNAM-PAPIIT IN208523 y por COMECYT fondo Mujeres Investigadoras FICDTEM-2021-068.

Referencias bibliográficas

1. Ranjana, S., Muskesh, K. (2017) Infrared thermography as non-invasive technique for early detection of mastitis in dairy animals. Artificial Breeding Research Centre, ICAR-National Dairy Research Institute, Karnal-132 001, Haryana, India.
2. ta, D. (2022) Thermal Imaging to Assess the Health Status in Wildlife Animals under Human Care: Limitations and Perspectives. Neurophysiology, Behavior and Animal Welfare Assessment, Department of Agricultural and Animal Production, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Xochimilco, Mexico City 04960, Mexico.
3. Shuailong, Z. (2022) Progress on Infrared Imaging Technology in Animal Production: A Review. Key Laboratory of Swine Genetics and Breeding, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China.

PATRÓN DIARIO DE LA TEMPERATURA VAGINAL EN CABRAS EN PASTOREO DIURNO Y ENCIERRO NOCTURNO.

Karen Lizeth Tajonar García, Ana Lucía Malváez Peralta, Lorenzo Álvarez Ramírez*

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor para correspondencia: alorenzo@unam.mx

Palabras clave: Temperatura corporal, estrés calórico, ritmo circadiano.

Introducción

La temperatura corporal es un indicador fisiológico relevante en los animales. Su valor puede reflejar el estado metabólico, la presencia de infecciones, o la exposición a ambientes extremos que pueden afectar el bienestar animal. Se ha establecido que la temperatura rectal y temperatura vaginal son indicadores igualmente válidos para representar la temperatura corporal, y su obtención mediante dispositivos vaginales de registro automático ha mostrado varias ventajas. En los animales en que se ha registrado, el patrón de la temperatura corporal tiene un comportamiento circadiano, y algunas de sus características parecen influenciadas por factores ambientales como el ciclo luz-oscuridad, la disponibilidad de alimento, la actividad física, y la temperatura ambiental, entre otros (Lees *et al.*, 2018; Refinetti, 2020).

En cabras mantenidas en ambientes controlados, se ha registrado una periodicidad diaria con algunas diferencias en la amplitud y la acrofase, explicadas por variaciones en la temperatura ambiental a la que estuvieron expuestas (Piccione *et al.*, 2005). El objetivo del presente trabajo fue describir el patrón de la temperatura vaginal en cabras mantenidas en condiciones de pastoreo diurno y alojamiento nocturno.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante el mes de diciembre en un centro de investigación a 150 km al norte de la Ciudad de México. El protocolo fue revisado y aprobado por el Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales (protocolo #24). Un total de 8 cabras adultas fueron implantadas vaginalmente con el dispositivo iButton® (Thermochron™, Maxim Integrated, San Jose, CA, USA) de registro automático de temperatura, adherido a un implante vaginal CIDR® (AHI Plastic Molding Co., Pfizer® Animal Health) como se ha descrito previamente (Álvarez *et al.*, 2023). El dispositivo iButton® fue previamente programado para registrar la temperatura con una frecuencia de cada 10 min y se mantuvo vaginalmente por un total de 11 días consecutivos.

Los animales se mantuvieron en pastoreo diurno en praderas de alfalfa (09:30-15:30 h) y encierro nocturno (15:30-09:30 h) con complementación en comedero.

Luego de 11 días de registro, los dispositivos fueron retirados y la información obtenida para su análisis mediante estadística descriptiva y pruebas cosinor para evaluar su ritmo (<https://cosinor.online/app/cosinor.php>).

Resultados y discusión

La temperatura promedio obtenida en cada uno de los días de registro se muestra en la figura 1. El patrón mostrado es similar a lo visto en otras especies animales (Refinetti, 2020b) y en cabras mantenidas en ambientes térmicos controlados (Piccione *et al.*, 2005), con valores descendentes en el periodo nocturno y ascendentes en el diurno.

La temperatura promedio diaria mostró un comportamiento rítmico, y el análisis cosinor confirmó su patrón circadiano ($p<0.00001$). El valor medio (mesor) fue de 39.2 °C, la amplitud de 0.38 °C, la acrofase ocurrió a las 16:20 h y el valor mínimo fue ubicado a las 04:20 h (figura 2).

El patrón observado de la temperatura corporal diaria es común en las especies con actividad diurna (Refinetti, 2020; Alvarez *et al.*, 2023), con los valores más bajos durante el inicio del día y los más altos por la tarde o en la transición del día a la noche. En el presente caso, en cabras con pastoreo diurno, se registraron características similares. El patrón específico puede ser afectado por factores ambientales diversos, pero el ritmo tiene origen interno (Refinetti, 2020). Así, en cabras expuestas a condiciones controladas de temperatura ambiental, el ritmo diario se mantiene intacto pero el patrón se altera de modo significativo si la temperatura ambiental cambia. Cuando la temperatura ambiental es mayor o el animal se expone a alta radiación solar, la temperatura corporal tiende a incrementarse hasta niveles que comprometen el bienestar animal (Piccione *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2021).

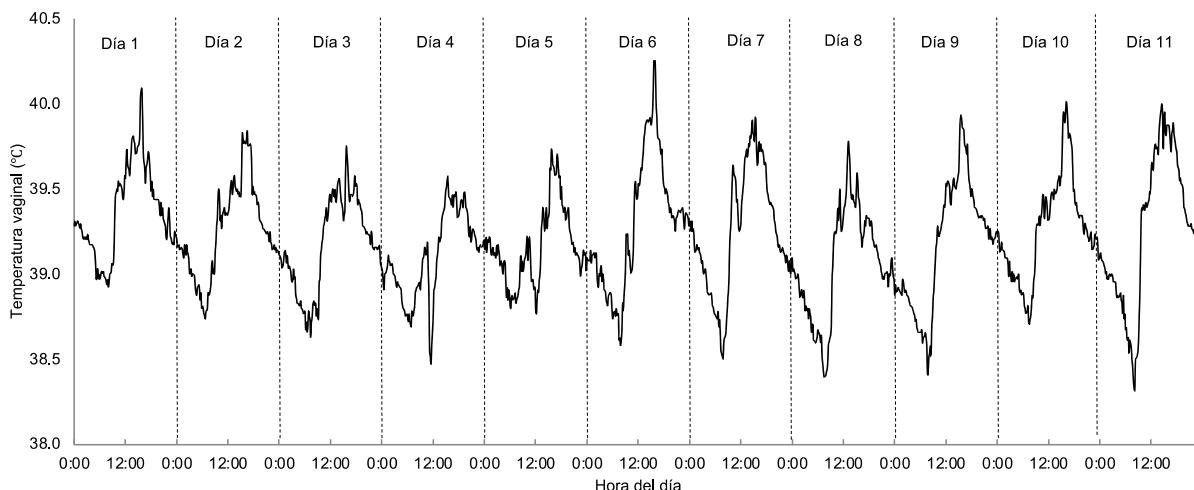


Figura 1. Valores promedio de la temperatura vaginal en cabras en pastoreo y alojamiento nocturno durante los once días de registro.

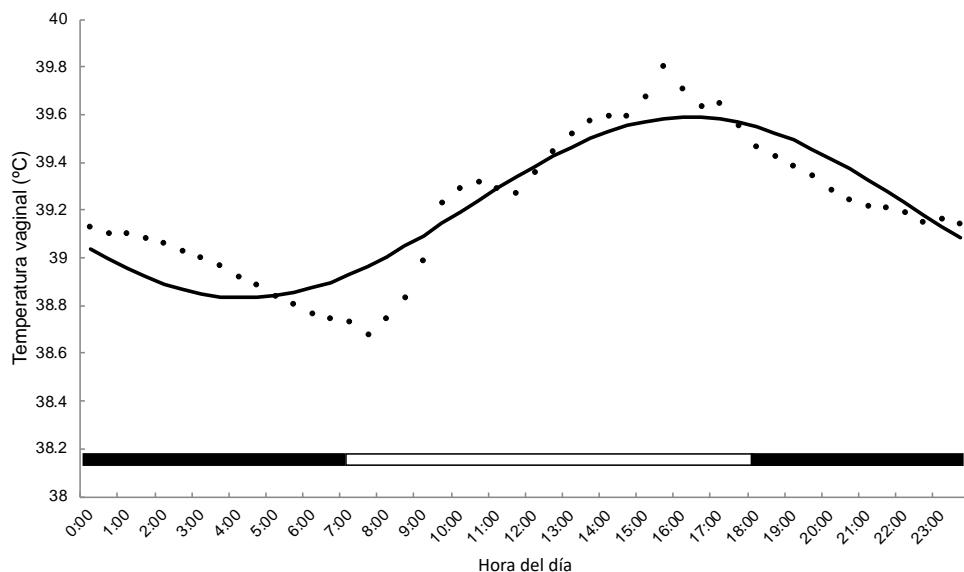


Figura 2. Patrón de la oscilación diaria (datos reales, ●) y curva cosinor (—) de la temperatura vaginal de cabras mantenidas en pastoreo diurno (09:30-15:30 h) y alojamiento nocturno (15:30-09:30 h). Las barras horizontales representan la fase de luz (blanca) y oscuridad (negra) de acuerdo con el ciclo de salida y puesta del sol.

Conclusiones

La temperatura vaginal diaria de las cabras en pastoreo con encierro nocturno mostró un comportamiento rítmico durante el día, con los valores más altos durante la tarde y los más bajos durante la mañana. La temperatura tuvo una tendencia descendente durante el periodo nocturno y ascendente en el periodo diurno.

Referencias bibliográficas

1. Alvarez, R.L., S.G. Arteaga, C.A. Sánchez. 2023. Vaginally use of iButton loggers to measure body temperature in grazing red deer (*Cervus elaphus*). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 31:187-194. <https://doi.org/10.53588/alpa.310205>.

2. Lees, A., J. Lea, H. Salvin, L. Cafe, I. Colditz, C. Lee, A.M. Lees, J.M. Lea, H.E. Salvin, L.M. Cafe, I.G. Colditz, C. Lee. 2018. Relationship between rectal temperature and vaginal temperature in grazing *Bos taurus* heifers. *Animals* 8:156-164. <https://doi.org/10.3390/ani8090156>.
3. Piccione, G., C. Bertolucci, A. Costa, S. Di Mauro, G. Caola. 2005. Daily rhythm of body and auricle temperature in goats kept at two different ambient temperatures. *Biol Rhythm Res* 36:309-314. <https://doi.org/10.1080/09291010500079833>.
4. Refinetti, R. 2020. Circadian rhythmicity of body temperature and metabolism. *Temperature* 7:321-362. <https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1743605>.
5. Silva, G., L. Cangiano, T. Fabris, T., Merenda, R. V. Merenda, R. Chebel, J. Dubeux, N. DiLorenzo, J. Laporta. 2021. Effects of providing artificial shade to pregnant grazing beef heifers on vaginal temperature, growth, activity, and behavior. *Transl Anim Sci* 5:1-11. <https://doi.org/10.1093/tas/txab053>.

2

Biotecnología, biología celular y genómica



“FACHADA GENÓMICA” / Marco Aurelio Aragón Magadán



CARACTERIZACIÓN DE UN COMPLEJO INMUNOESTIMULANTE CON PROTEÍNA RECOMBINANTE DEL VIRUS DE LA DIARREA EPIDÉMICA PORCINA.

José Luis Cerriteño-Sánchez^{1*}, José Bryan García-Cambrón², Julieta Sandra Cuevas-Romero¹, Gerardo Blancas-Flores³

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI); ²Posgrado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I); ³Laboratorio de Farmacología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM-I.

*Autor para correspondencia: cerriteno.jose@ininap.gob.mx

Palabras clave: Antígeno, adyuvante, vacuna.

Introducción

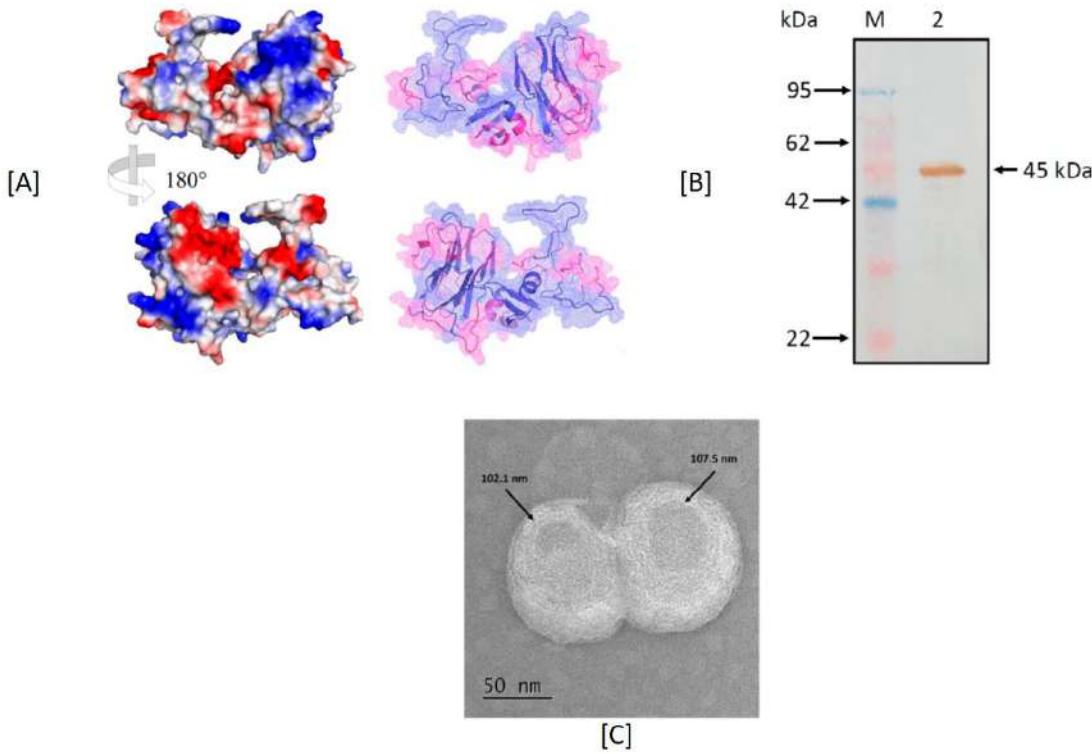
El virus de la Diarrea Epidémica Porcina (vDEP) es un miembro de los Alphacoronavirus y causa una enfermedad caracterizada por signos clínicos como diarrea severa, vomito, deshidratación y una alta tasa de mortalidad en lechones, generando pérdidas económicas significativas en la industria porcícola (Oppriessnig et al., 2021). La DEP no es una enfermedad zoonótica ni tampoco un riesgo para la salud alimentaria. La proteína S (spike) del Alphacoronavirus vDEP es una gran proteína glicosilada que está conformada por dos dominios: S1 y S2. S1 es parte del reconocimiento del receptor celular, mientras que S2 es parte de la fusión entre célula-virus. La proteína S es reconocida como la más antigénica debido a que la porción S1 es la más expuesta y la cual contiene un gran número de epítopos altamente antigenicos e inmunogénicos, incluyendo a la región de unión al receptor (RBD) y el dominio NTD (Li et al., 2020). Las nanopartículas lipídicas (LPNs) son un tipo de moléculas que han generado gran interés debido a su potencial uso como adyuvantes, ya que son capaces de generar una respuesta inmune mayor, además que mejoran el acoplamiento y entrega de fármacos y/o antígenos. El ácido glicirricínico o ácido glicirretínico (GA), un componente derivado de la Glizirricina (GL), se ha empleado el GA como componente para el desarrollo de complejos inmunoestimuladores. Estos complejos (nanopartículas lipídicas) con GA se forman a partir de la unión con compuestos anfíflicos y esteroles, tales como fosfolípidos y colesterol, respectivamente. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es la caracterización de un complejo inmunoestimulante basado en ácido glicirricínico y proteína recombinante del vDEP para su propuesta como biológico de nueva generación.

Materiales y métodos

Se realizó una evaluación *in silico* de la estructura terciaria de la proteína rNTD-S, que corresponde al dominio NTD de la proteína Spike (Protein Data Bank acceso: 6VV5), con el objetivo de observar la disposición de sus epítopos y determinar si es buen candidato como antígeno, mediante el servidor Swiss Model (Swiss Institute of Bioinformatics, Switzerland) y el programa PyMOL. La proteína rNTD-S se expresó en un sistema procariote (BL21 DE3) por inducción con IPTG (1.5 mM) en una OD_{450nm} durante 24 h. La proteína fue purificada mediante cromatografía de afinidad con iones metálicos inmovilizados (IMAC) y se cuantificó por el método de Bradford. Nanopartículas lipídicas (LNPs-GA) se desarrollaron mediante el método de film lipídico. Se realizó una mezcla de fosfolípidos, colesterol y GA en una relación 2:1:2, respectivamente y se homogenizaron a 15 000 rpm. Finalmente, se filtraron a 0.8, 0.45 y 0.2 µm y fueron conservadas a 4° C. La proteína rNTD-S del virus de la diarrea epidémica porcina (PEDV) fue usada como antígeno y se realizó una mezcla 5:5 (5 µg de adyuvante y 5 µg de proteína). Se evaluó el tamaño, forma y estabilidad del complejo mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) y por análisis de potencial Z. Se evaluaron inmunológicamente 6 grupos de ratones CF-1 de 21 días de vida, inoculados con 5 µg/ratón y con dos dosis, en los días 0 y 14, por 35 días, con las siguientes preparaciones: LNPs-GA + PBS (Negativo), PBS + rNTD-S (Positivo), GA + rNTD-S, LNPs-GA + rNTD-S, ISCOM + rNTD-S y PBS (Blanco). Muestras de sangre de la cola de los ratones fueron obtenidas cada 7 días post inmunización (hasta el día de la eutanasia). Se determinó la producción de anticuerpos mediante el ensayo de ELISA indirecto. Adicionalmente, se evaluó la concentración en suero de IL-1β y TNF-α, dos citocinas pro-inflamatorias, mediante ELISA. Los datos fueron reportados como promedios ± error estándar. Los grupos se compararon mediante la prueba de ANOVA en el paquete estadístico NCSS, y las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando la probabilidad fue menor a $p<0.05$.

Resultados y discusión

La evaluación *in silico* mostró que la proteína tiene una gran abundancia de regiones antigenicas sobre su secuencia, adicionalmente muestra diversas regiones expuestas para el reconocimiento antigenico, así como un alto índice de hidrofilicidad lo que promueve su obtención de forma soluble (Imagen 1A). Lo anterior indica que el dominio NTD es un excelente candidato para usarse en el desarrollo de compuestos inmunoestimulantes para el estudio de la enfermedad. Por otro lado, se logró obtener de forma recombinante la proteína rNTD-S purificada, lo que permitió llevar a cabo los análisis con las LNPs-GA (Imagen 1B). El análisis de tamaño y forma mostraron nanopartículas pleomórficas con un tamaño que oscila entre 60-200 nm, mientras que el análisis de estabilidad indicó que las LNPs-GA eran estables y con características aniónicas (-28 mV) (Imagen 1C). La evaluación de la producción de anticuerpos mostró que los ratones inoculados con el complejo inmunoestimulante produjeron considerablemente más anticuerpos en comparación con los grupos controles. Además, se mostró que el complejo tenía la capacidad de disminuir la concentración de las citocinas pro-inflamatorias en suero (Imagen 2).



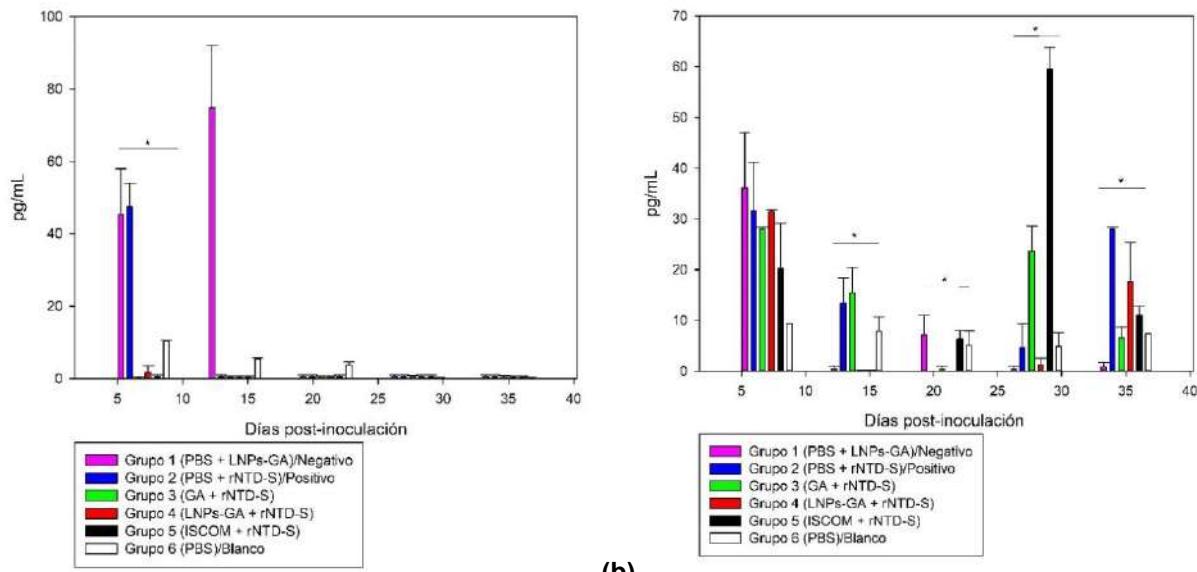


Imagen 2. Evaluación de la concentración en suero de las citocinas IL-1 β (a) y TNF- α (b), evaluados mediante ELISA.

Como se puede observar en la figura anterior, existe una clara disminución de la producción de citosinas como IL-1 β en los grupos inmunizados con el complejo inmunoestimulante, mientras que en los grupos inmunizados con TNF- α existe una desregulación de su producción. Los resultados anteriores nos muestran que el complejo tiene la capacidad de influenciar los niveles de producción de citosinas pro-inflamatorias, dato que es relevante cuando se buscan opciones para el tratamiento de enfermedades virales que no solamente infectan al hospedero, sino que también la respuesta inmune es severa y se requiere del desarrollo de vacunas que puedan tener un efecto dual, tanto de protección como de regulación del sistema inmunológico

Conclusiones

En este trabajo, producimos LNPs-GA estables junto con un antígeno recombinante rNTD-S. Estos resultados mostraron que el complejo LNPs-GA puede generar una fuerte respuesta inmunitaria en modelos animales, además de tener potenciales efectos inmunomoduladores que favorezcan la reducción de los efectos negativos producidos por las citosinas pro-inflamatorias, siendo un candidato prometedor para el control de la enfermedad.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece calurosamente a Lysett Corona-Gómez del laboratorio de tecnología farmacéutica de la FES-Cuautitlán, UNAM. José Bryan García-Cambrón recibe una beca otorgada por el CONAHCYT (CVU: 992190). Este trabajo ha sido financiado por "Proyectos fiscales: Evaluación de compuestos inmunomoduladores y compuestos antivirales para el tratamiento de la enfermedad del ojo azul porcino" [no. 2192136578] del CENID-SAI/INIFAP, Ciudad de México, México.

Referencias bibliográficas

1. Opriessnig, Mattei, Karuppannan, Halbur. 2021. Future perspectives on swine viral vaccines: Where are we headed?. Porc. Health Manag. 7, 1.
2. Li, Z., Ma, Z., Li, Y., Gao, S., & Xiao, S. 2020. Porcine epidemic diarrhea virus: Molecular mechanisms of attenuation and vaccines. Microbial Pathogenesis, 149, 104553.

FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN APLICADA PARA LA PESTE PORCINA AFRICANA EN MÉXICO.

Julieta Sandra Cuevas-Romero¹, José Luis Cerriteño-Sánchez¹, Perla Lucero Zavala-Ocampo².

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Carretera México-Toluca, KM 15.5, Palo Alto. CDMX, México.²Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, UNAM.

*Autor para correspondencia: scuevas16@gmail.com

Palabras clave: Peste porcina africana, secuenciación, cerdos.

Introducción

La peste porcina africana (PPA) es una enfermedad de los cerdos domésticos y salvajes que se ha extendido por una amplia zona geográfica que incluye Europa central, Asia oriental y sudoriental y África. La PPA generalmente causa una alta mortalidad y pérdidas financieras sustanciales en los pequeños productores, así como un alto impacto en el sector porcino comercial, debido a las restricciones comerciales. Dado que no existe una vacuna disponible a nivel mundial, la prevención, el control y la erradicación de la peste porcina africana se basan en la implementación de una vigilancia adecuada, bioseguridad y estrictas medidas sanitarias. Recientemente, el VPPA fue detectado en la República Dominicana (RD) y Haití, constituyendo el primer diagnóstico de VPPA en más de 40 años en el hemisferio occidental. Este hecho representa un enorme riesgo para el resto de las Américas. Por ello, en México se deben sentar las bases para el desarrollo de herramientas de diagnóstico necesarias para la detección temprana de la PPA, que puedan ser utilizadas en laboratorios de nivel 2 de bioseguridad en México, mediante la producción de plásmidos de referencia y proteínas recombinantes altamente antigenicas, para desarrollar herramientas serológicas como el ELISA indirecto (I-ELISA) y poder estar prevenidos oportunamente ante cualquier alerta de un posible brote.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es establecer las bases para el desarrollo de métodos de diagnóstico como herramientas para la detección temprana y a gran escala de la peste porcina africana que puedan utilizarse en un laboratorio con nivel de bioseguridad 2 en México, mediante la clonación de genes y análisis de las proteínas p30 y p72 del vPPA.

Materiales y métodos

Para este estudio se trabajó con la secuencia del genoma reportado de la peste porcina africana aislado en Georgia en 2007 (No. Acceso en GenBank FR682468), usado como cepa de referencia para México. Se diseñaron oligonucléótidos específicos para amplificar los ORFs de las proteínas p30 y p72, las cuales han sido usadas en otras partes del mundo debido a su grado de conservación y capacidad para generar respuesta inmune. Se llevó a cabo la amplificación de p30 y p72 a partir de cDNA de la cepa Georgia 2007, mediante gradiente de temperaturas en PCR punto final y los productos fueron clonados en vectores de resguardo (pASK-IBA) en el Institute of Agrifood Research and Technology, Centre de Recerca en Sanitat Animal en Barcelona, España. Los productos de clonación fueron secuenciados mediante SANGER y las secuencias fueron analizadas mediante el paquete bioinformático de DNAstar y los arboles filogenéticos se realizaron utilizando la máxima verosimilitud basada en el modelo JTT y distribución Gamma con al menos 1000 réplicas utilizando el software MEGAX. Posteriormente a partir de genes sintéticos se continuó con el trabajo en México y para ello, se realizaron nuevas clonaciones en CENID-SAI-INIFAP, siguiendo la misma metodología utilizando el plásmido pETSUMO y el sistema de *E. coli* como vector de expresión.

Resultados y discusión

En el Institute of Agrifood Research and Technology, Centre de Recerca en Sanitat Animal en Barcelona, España, se llevaron a cabo las amplificaciones de los genes de las proteínas p30 y p72 que fueron analizados en geles de agarosa (Figura 1).

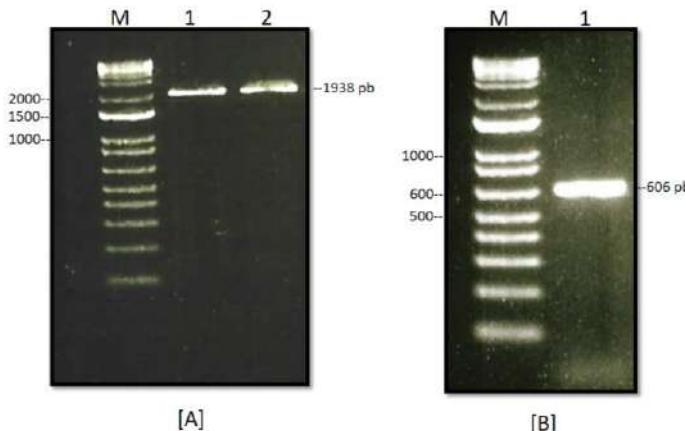


Figura 1. Amplificación de los genes de las proteínas p72 y p30 de PPA. [A] Amplificación del gen p72 de 1938 pb y [B] amplificación del gen p30 de 606 pb a partir de muestras de cDNA de la cepa de Georgia 2007.

Como se puede observar en la figura anterior, a partir de muestras de cDNA provenientes de la cepa de Georgia del 2007, fue posible amplificar exitosamente el gen correspondiente a las proteínas p72 y p30 de PPA. Estos genes fueron clonados en vectores de resguardo (pASK-IBA) y enviados a secuenciar para su análisis. Por otro lado, una vez obtenidas las secuencias de las muestras amplificadas, el análisis bioinformático de la secuencia nucleotídica y proteica de Georgia 2007 p30 y p72, mostró que este aislamiento se encontraba dentro del genotipo II del virus de PPA, en el mismo genogrupo de las secuencias reportadas durante los últimos brotes de PPA, en los últimos 10 años incluyendo República Dominicana 2021, mostrando una homología del 100% (Figura 2).

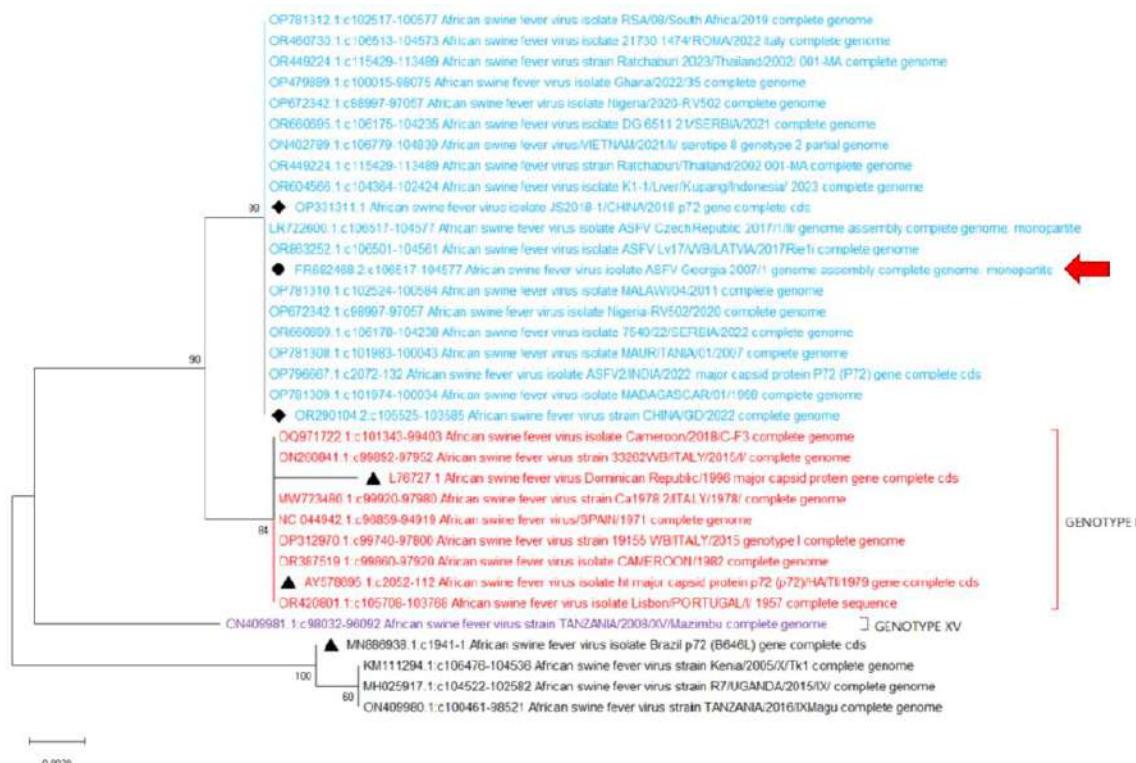


Figura 2. Árbol filogenético de la proteína p72 de PPA; el genogrupo I se muestra en color rojo y el genogrupo II en color azul, la flecha roja indica la posición de la secuencia de la proteína de este estudio (Georgia 2007).

Así también cuando se comparó con las secuencias de los aislamientos del genotipo I: se observó una homología en las secuencias del 99.54%, donde también se agrupan los aislamientos reportados en América en Haití (1979) y República dominicana (1996). Actualmente con los genes sintéticos generados a partir de las secuencias obtenidas, se trabajaron en CENID-SAI para obtener clonas productoras de las dos proteínas recombinantes y se continuará con la evaluación de la antigenicidad para desarrollar herramientas serológicas como el ELISA indirecto (I-ELISA) para la detección de anticuerpos sensibles y específicos en sueros de referencia de animales sanos e infectados de PPA, en laboratorio BSL3 de CFIA-NCFAD, Winnipeg, Canadá. Además, de proponer un protocolo necesario para la producción a gran escala, para la posible distribución de antígenos de referencia recombinantes a laboratorios de diagnóstico veterinario regionales y provinciales en caso de brote.

Conclusiones

Este es el primer desarrollo biotecnológico basado en genes sintéticos de PPA, estudiados y producidos en colaboración con España para la atención de la enfermedad en caso de un brote en México. Lo anterior ha dado comienzo al desarrollo de proteínas recombinantes de PPA en México para el desarrollo de sistemas diagnósticos sensibles y específicos como medida preventiva para el país.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo se llevó a cabo en el CENID-SAI, Laboratorio de Epizootiología, sede Palo Alto, Ciudad de México. Fue parcialmente financiado por el proyecto: CAPACITY BUILDING FOR ASF DIAGNOSTICS IN MÉXICO: GENERATION OF REAGENTS REQUIRED FOR SEROLOGICAL ASSAYS. No. SIGI: 154626612.

Referencias bibliográficas

1. Njau EP, Machuka EM, Cleaveland S, Shirima GM, Kusiluka LJ, Okoth EA, Pelle R. 2021. PMC. 13(11). 2285.
2. Wu K, Zhang Y, Zeng S, Liu X, Li Y, Li X, Chen W, Li Z, Qin Y, Chen J, Fan S. 2022. Front Mol Biosci. 8. 811824.

PRODUCCIÓN Y PURIFICACIÓN DE LA PROTEÍNA P72 DEL VIRUS DE LA PESTE PORCINA AFRICANA.

Perla Lucero Zavala-Ocampo^{1,2*}, José Luis Cerriteño-Sánchez¹, Julieta Sandra Cuevas-Romero¹.

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Carretera México-Toluca, KM 15.5, Palo Alto. CDMX, México.²Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, UNAM.

*Autor para correspondencia: plucerozavala@gmail.com.

Palabras clave: Peste porcina africana, p72, cerdos.

Introducción

La peste porcina africana (PPA) es una enfermedad altamente infecciosa aguda, grave y hemorrágica que afecta a cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y jabalíes (*Phacochoerus africanus*) causada por el virus de la peste porcina africana (VPPA) (Wu *et al.* 2022). La PPA es altamente contagiosa alcanzando un 100% de mortalidad, que puede ocurrir 4 días después de la infección, produce efectos devastadores en las poblaciones porcinas, generando una de las principales crisis de la industria porcina en los últimos años. Se hace evidente que esta enfermedad supone un grave problema para la seguridad alimentaria en todo el mundo, acarreando impactos negativos para las fuentes de ingresos de los productores (Alonso *et al.* 2018; WOAH, 2019). El VPPA es un virus ADN de la familia *Asfarviridae*, género *Asfivirus*. Sus cepas tienen genomas de ADN de doble cadena (dsDNA) lineal de entre 170–194 kb. Contiene de 151-167 genes (Ji *et al.* 2021) y dependiendo de la cepa del virus, codifica de 150 a 200 proteínas virales incluyendo 68 proteínas estructurales y más de 100 proteínas no estructurales, por lo que el genoma es grande y complejo. La proteína p72 está codificada por el gen B646L, forma parte de la cápside viral y participa en el proceso de adsorción y transporte del virus, además se ha utilizado como blanco principal en el desarrollo de sistemas diagnósticos (Wang *et al.* 2021). Finalmente, la PPA no ha llegado a territorio mexicano, sin embargo, existe una alerta preocupante por el reciente brote que se generó en Haití y que representa una amenaza para México. Por ello, p72 se convierte en una proteína para tener en cuenta para investigaciones que evalúen su potencial uso en el desarrollo de pruebas diagnósticas como el ELISA, de tal manera que forme parte de las medidas de combate de esta enfermedad mediante su detección oportuna y se minimicen las consecuencias económicas.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue producir y purificar la proteína p72 del virus de la peste porcina africana para la propuesta en la generación de un sistema diagnóstico que pueda ser utilizado en un futuro como una herramienta de prevención de la enfermedad.

Materiales y métodos

El genoma reportado de la peste porcina africana aislado en Georgia en 2007, usado como cepa de referencia para España (número de acceso: FR682468) fue utilizado para la producción de la proteína recombinante p72 a partir de gen sintético. El gen sintético fue clonado en fase con el vector de expresión pETSUMO, generando el vector recombinante pETSUMO-P72. Posteriormente, el plásmido fue usado para transformar células competentes de *E. coli* BL21(DE3) para obtener una cepa de expresión denominada BL21-P72. Para la producción de la proteína, se indujeron cultivos de expresión de BL21-P72 en medio LB con IPTG. Posteriormente, para extraer la proteína, se realizó la ruptura mecánica de las células y se identificó la presencia de P72 en fase soluble y/o cuerpos de inclusión a través de SDS-PAGE y Western blot usando anticuerpos anti-his. Posteriormente, los cuerpos de inclusión fueron solubilizados con N-Lauroylsarcosine al 9% y se purificaron usando una columna de agarosa Ni-NTA. Se corroboró la presencia de proteína purificada a través de SDS-PAGE y Western blot. Finalmente, se cuantificó la proteína purificada con el método de Bradford y se obtuvo el rendimiento correspondiente.

Resultados y discusión

Se diseñó un sistema de expresión recombinante para la producción de p72 en *E. coli* BL21 (DE3) usando el vector pETSUMO. El plásmido pETSUMO-P72 fusiona la proteína recombinante a la etiqueta SUMO, la cual aumenta la solubilidad de las mismas, facilitando los procesos de extracción y purificación, también

integra una etiqueta de 6 his para su purificación por cromatografía de afinidad. El vector de expresión se regula bajo el operón *Lac*, por lo que la inducción se lleva a cabo con IPTG y posee una región de kanamicina para la selección de clonas transformadas, además es fácilmente escalable.

Una vez obtenida la cepa BL21-P72, se indujeron 600 mL de cultivo y se obtuvo proteína p72 sobreexpresada. Con el objetivo de extraer la proteína recombinante de la bacteria, se realizó la ruptura mecánica de las células en 500 mL de buffer de Tris-HCl (50 mM, pH 8) y se separó la fase soluble y los cuerpos de inclusión (fase insoluble) mediante centrifugación. Se procesaron ambas muestras para realizar SDS-PAGE y se empleó tinción coomassie (Figura 1A) y western blot (Figura 1B).

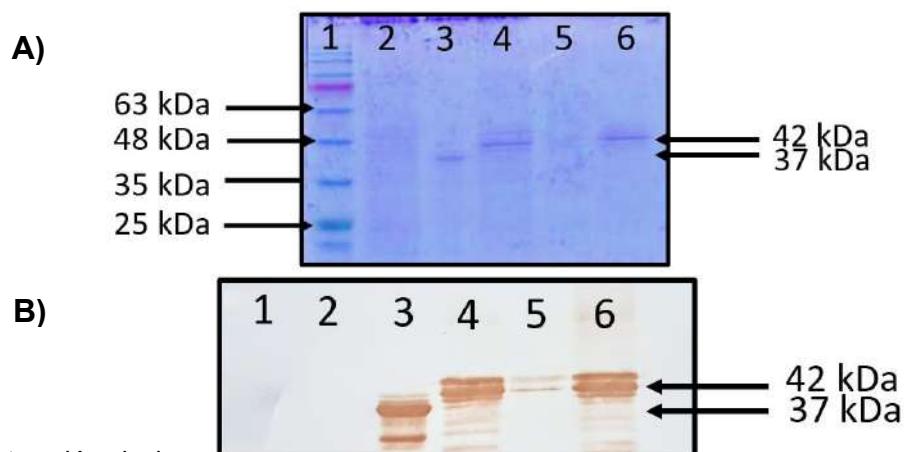


Figura 1. Extracción de la proteína p72 a partir de la cepa BL21-P72. A) Tinción coomassie y B) Western blot. 1) Marcador de peso molecular. 2) Control negativo. 3) Control positivo. 4) Expresión celular de BL21-P72. 5) Fase soluble. 6) Cuerpos de inclusión.

Como se puede observar en la figura anterior, la mayor parte de la proteína P72 se encuentra en forma de cuerpos de inclusión, que corresponde a la fase insoluble, por lo que es necesario llevar a cabo los procesos de solubilización para su purificación. Despues de la purificación mediante cromatografía IMAC de los cuerpos de inclusión se analizó el proceso mediante SDS-PAGE y WB (Figura 2) donde se puede observar que se recuperó la proteína P72 en las eluciones en un solo paso de purificación y la ausencia de la misma en las muestras de no pegado y lavado indica que la proteína de interés está siendo purificada correctamente.

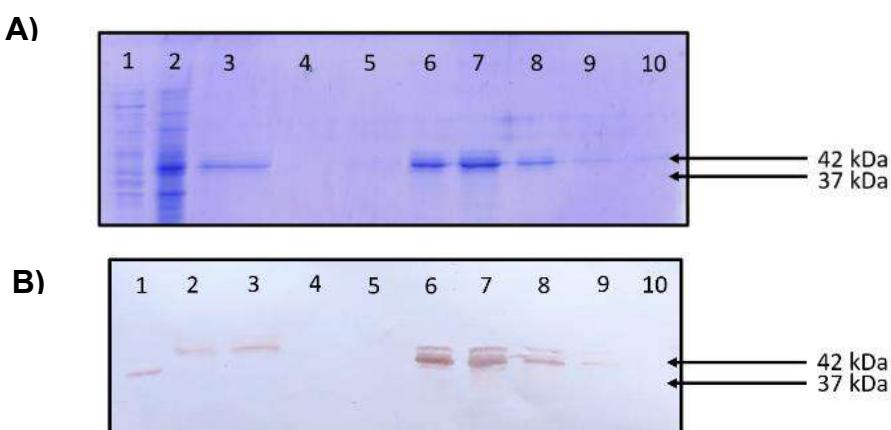


Figura 3. Purificación de p72 a partir de cuerpos de inclusión. A) Tinción con coomasie y B) Western blot. 1) Control positivo. 2) Expresión celular de BL21-P72. 3) Cuerpos de inclusión. 4) No pegado. 5) Lavado. 6-10) Eluciones de la columna.

Posteriormente, la proteína P72 fue dializada para eliminar sales y se procedió a su cuantificación. Para la cuantificación de la concentración de proteína, se realizó la curva de calibración de Bradford usando una curva de BSA como estándar. La ecuación de la recta para la regresión fue $y=0.013x+0.197$ con $R^2=0.9719$. La concentración de proteína p72 fue de 40.73 µg/mL, con un rendimiento de 230.807 µg/100 mL de cultivo.

Conclusiones

En este trabajo se logró la sobreproducción de la proteína recombinante P72 de PPA y se identificó la presencia de la misma en cuerpos de inclusión y una pequeña parte en la fase soluble. También se logró su purificación en un solo paso mediante cromatografía de afinidad y se obtuvo un rendimiento de proteína purificada de 230.807 µg/100 mL de cultivo, lo cual es un rendimiento muy bueno que permite el paso a desarrollar un sistema de diagnóstico como el ELISA.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo se llevó a cabo en el CENID-SAI, Laboratorio de Epizootiología, sede Palo Alto, Ciudad de México. Fue parcialmente financiado por el proyecto: CAPACITY BUILDING FOR ASF DIAGNOSTICS IN MÉXICO: GENERATION OF REAGENTS REQUIRED FOR SEROLOGICAL ASSAYS. No. SIGI: 154626612. Beca CONAHCYT CVU: 1139465.

Referencias bibliográficas

1. Ji, C., Jiang, J., Wei, Y., Wang, Z., Chen, Y., Mai, Z., Cai, M., Qin, C., Cai, Y., Yi, H., Liang, G., Lu, G., Gong, L., Zhang, G. and Wang, H. (2021). A Method for the Analysis of African Swine Fever by Viral Metagenomic Sequencing. *Rev. Front. Vet. Sci.* 8:766533. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.766533>
2. Wang, Y., Kang, W., Yang, W., Zhang, J., Li, D. and Zheng, H. (2021). Structure of African Swine Fever Virus and Associated Molecular Mechanisms Underlying Infection and Immunosuppression: A Review. *Front. Immunol.* 12:715582. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.715582>
3. Wu, K., Zhang, Y., Zeng, S., Liu, X., Li, Y., Li, X., Chen, W., Li, Z., Qin, Y., Chen, J., Fan, S. (2022). Development and Application of RAA Nucleic Acid Test Strip Assay and Double RAA Gel Electrophoresis Detection Methods for ASFV and CSFV. *Rev. Front Mol Biosci.* Jan 31;8:811824. <https://doi.org/10.3389/fmolsb.2021.811824>

ANÁLISIS TRANSCRIPTÓMICO DE CAPA FLOGÍSTICA DE BOVINOS INOCULADOS CON CEPAS VIRULENTAS O ATENUADAS DE *Babesia bigemina*.

Grecia Martínez-García¹, Julio V. Figueroa-Millán^{1*}, Karel Estrada-Guerra², Rebeca M. Santamaría-Espinosa¹, Carmen Rojas-Martínez¹, J. Antonio Álvarez-Martínez¹, José J. Lira-Amaya¹, Alejandro Sánchez-Flores²

¹CENID-SAI, INIFAP; ²UUSMB-IBT, UNAM

*Autor para correspondencia: figueroa.julio@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Babesia bigemina*; RNA-seq; genes diferencialmente expresados (DEGs).

Introducción

La babesiosis bovina es una enfermedad importante en la ganadería de las zonas tropicales y subtropicales de México y del mundo. Es transmitida por la garrapata *Rhipicephalus* y ocasionada por los parásitos intraeritrocíticos del género *Babesia*, siendo *B. bigemina* una de las especies más relevantes por su amplia distribución y prevalencia. La enfermedad causada por *B. bigemina* se caracteriza por la presencia de diversos signos clínicos que suelen aparecer durante los primeros 7-14 días posteriores a la inoculación del parásito, destacando la anemia hemolítica y la hemoglobinuria (Álvarez et al., 2019). El reciente uso de tecnologías de secuenciación de nueva generación como la secuenciación de ARN (RNA-seq) en el estudio de perfiles transcriptómicos de bovinos expuestos a patógenos virulentos, así como a vacunas que protejan contra estos, es de gran utilidad para la identificación de mecanismos moleculares relacionados a la respuesta inmune (García-Sánchez et al., 2019; Lopez et al., 2020). RNA-seq permite la identificación y análisis de los genes diferencialmente expresados entre dos o más grupos de individuos bajo determinadas condiciones fisiológicas o patológicas (Wang et al., 2009). La cuantificación de niveles de expresión génica por RNA-seq es muy precisa y con resultados altamente reproducibles entre muestras con réplicas biológicas y técnicas (Wang et al., 2009). La secuenciación RNA-seq ya ha sido utilizada en el estudio de la babesiosis bovina: en la identificación del transcriptoma desplegado por la garrapata vector en respuesta a *B. bigemina* (Antunes et al., 2019). Sin embargo, hasta el momento no se han realizado investigaciones sobre el transcriptoma bovino en relación con los mecanismos de respuesta inmune o patogenia provocados por una infección por *B. bigemina*.

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue realizar un análisis del transcriptoma de las células presentes en la capa leucocitaria de sangre periférica derivada de dos grupos de bovinos, inoculados con una cepa virulenta y una cepa atenuada de *B. bigemina*, respectivamente, y compararlos con un grupo de bovinos sanos, sin infectar.

Materiales y métodos

Se establecieron tres grupos de estudio, cada uno conformado por tres bovinos *Bos taurus*, mayores de 12 meses de edad, libres de enfermedades infecciosas como brucelosis y tuberculosis. Provinieron de una región geográfica libre de la garrapata *R. microplus* y por lo tanto libre de babesiosis bovina. Grupo I: bovinos inoculados con una cepa virulenta de *B. bigemina*; Grupo II: bovinos inoculados con una cepa atenuada de *B. bigemina*; Grupo III: grupo control, bovinos sin inocular. Los bovinos de los grupos I y II fueron inoculados con su cepa respectiva por vía intramuscular con una dosis de 1×10^8 eritrocitos infectados con *B. bigemina*. Los bovinos del grupo I y II fueron monitoreados diariamente pos-inoculación. Las muestras de sangre total del grupo I se extrajeron al día 8 pos-inoculación, cuando los bovinos presentaron una temperatura rectal promedio aproximada de 40°C y una disminución de su valor de hematocrito, con un promedio del 15%, además de tener un Porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) promedio de ≥8%. Mientras que el grupo II presentó un PEP apenas contable ($\leq 0.1\%$) en el día 7-8 pos-inoculación, no presentaron fiebre y el descenso de su hematocrito fue mínimo. La toma de muestra se realizó con una bolsa para recolección y conservación de sangre total con solución anticoagulante ACD, el plasma fue retirado, la capa flogística se separó por pipeteo del paquete de eritrocitos y se almacenó a -80°C para su posterior uso. Las muestras de capa flogística congeladas fueron adicionadas con el reactivo RNAlater®-ICE Frozen Tissue Transition Solution (Thermo Fisher Scientific). Posteriormente se retiró el estabilizador y se procedió a la extracción del ARN total de cada muestra, con el paquete comercial

RNeasy® Mini Kit (Qiagen®). El ADN genómico presente en las muestras se eliminó con una enzima DNase I (RNase-Free DNase Set®). La concentración y pureza del ARN aislado a partir de cada muestra se midió mediante espectrofotometría con el equipo NP80 (NanoPhotometer® IMPLEN). La integridad de las muestras se visualizó mediante la técnica de electroforesis en gel de agarosa al 1% teñido con bromuro de etidio, en solución TAE 1X a 80 voltios por 70 min. Una muestra de ARN total de cada bovino de los tres grupos experimentales, con una concentración total mínima de 3 μ g en un volumen de 20-50 μ L, fue separada y enviada a la Unidad Universitaria de Secuenciación Masiva y Bioinformática (UUSMB) del Instituto de Biotecnología de la UNAM para la generación de las bibliotecas de ADN complementario (ADNc) y la secuenciación RNA-seq. La construcción de las bibliotecas de ADNc se llevó a cabo siguiendo el protocolo del kit TruSeq Stranded mRNA Sample Preparation de la compañía Illumina®. Las bibliotecas construidas se normalizaron a una concentración de 4 nM y la secuenciación del ADNc fue realizada en el equipo NextSeq 500 Illumina®, generando secuencias de 2 x 75 ciclos con un total de aproximado de 10 millones de lecturas/muestra. Los datos obtenidos fueron demultiplexados y convertidos en archivos FASTQ con el software bcl2fastq2 v2.20 (Illumina®). Con el propósito de identificar genes diferencialmente expresados (DEGs) que puedan intervenir en mecanismos moleculares inmunológicos durante la fase aguda de la enfermedad, y mediante la tecnología de secuenciación RNA-seq, se analizaron un total de nueve muestras, tres por cada grupo experimental. El total de secuencias obtenidas (“reads”) por muestra varió entre 8,715,633 y 9,416,140. Las secuencias obtenidas fueron filtradas y mapeadas contra el genoma de referencia de *Bos Taurus* (GCF_002263795.1) con el programa BWA (v0.7.17-r1188), para realizar posteriormente un análisis de expresión diferencial en la plataforma WEB "IDEAMEX" ([IDEAmex - Integrated Differential Expression Analysis MultiExperiment \(unam.mx\)](#), con los programas EdgeR (v3.40.2) y DEseq2 (v1.38.3), con un FDR <0.05 y logFC >1. Los DEG fueron identificados mediante una búsqueda la plataforma del NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genes>) y se seleccionaron aquellos relacionados con la respuesta inmune.

Resultados y discusión

Se identificaron un total de 620 genes diferencialmente expresados (DEG) mediante la secuenciación de las muestras de capa flogística derivada de los tres grupos experimentales. Sin embargo, y considerando solo los resultados de la intersección de los programas DESeq2 y edgeR, para el análisis de expresión diferencial de genes, se encontraron un total de 247 genes diferencialmente expresados (DEG), de los cuales, la comparación entre los grupos GI y GIII identificó un total de 86 DEG; mientras que entre los grupos GII y GIII, un total de 127 DEG fueron identificados; por último, entre GI y GII se encontraron un total de 34 DEG. En el Cuadro 1 se identifican representativamente los DEG asociados a respuesta inmune encontrados entre los grupos I y II, con un total de 17 genes DEG, de los cuales 13 están regulados negativamente y 4 están regulados positivamente.

Conclusiones

Se identificaron fehacientemente un total de 247 DEG, de los cuales 108 codifican a proteínas asociadas con la respuesta inmune tales como: proteínas asociadas con el Complejo Mayor de Histocompatibilidad, inmunoglobulinas y receptores de superficie de células T. Los resultados obtenidos proporcionan información relevante que podría contribuir a esclarecer la respuesta inmune asociada a una infección aguda por *B. bigemina* en bovinos.

Cuadro 1. Comparación entre grupos GI (inoculado con cepa virulenta) y GII (inoculado con cepa atenuada). Principales genes diferencialmente expresados asociados con respuesta inmune.

	Transcrito	logFC	FDR	Símbolo Gen	Proteína ID	Proteína
Sub-regulados	NM_001319884.1	-3.4	3.15E-04	LOC100297192	NP_001306813	Ig heavy chain Mem5-like precursor
	NM_001205186.1	-2.57	3.72E-02	LOC524810	NP_001192115.1	IgM precursor
	XM_002683998.6	-3.48	1.17E-04	LOC100300716	XP_002684044.5	immunoglobulin heavy variable 4-38-2
	XM_005222343.4	-3.17	1.02E-04	LOC104968484	XP_005222400.3	immunoglobulin heavy variable 4-59
	XM_010800704.3	-3.65	6.81E-05	LOC100300806	XP_010799006.3	immunoglobulin heavy variable 4-59 isoform X1
	XM_024977848.1	-3.32	5.53E-04	LOC112441499	XP_024833616.2	immunoglobulin lambda-1 light chain
	XM_024989147.1	-3.35	4.39E-04	LOC112441460	XP_024844915.1	immunoglobulin lambda-1 light chain

	NM_001083800.1	-2.92	5.43E-03	LOC789205	NP_001077269.1	immunoglobulin lambda-1 light chain-like precursor
	XM_024985319.2	-2.22	4.12E-02	IL32	XP_024841087.1	uncharacterized protein IL32 isoform X3
	NM_175773.3	-3.49	1.18E-04	JCHAIN	NP_786967.1	immunoglobulin J chain precursor
	XM_005227324.4	-2.32	2.21E-02	LSP1	XP_005227381.1	lymphocyte-specific protein 1 isoform X1
	NM_001046618.1	-2.7	3.20E-03	PTPRCAP	NP_001040083.1	protein tyrosine phosphatase receptor type C-associated protein precursor
Sobre-regulados	NM_001103102.2	-2.86	6.43E-03	SPN	NP_001096572	leukosialin
	XM_002685850.5	8.4	1.38E-17	HSPA6	XP_002685896.1	heat shock 70 kDa protein 6
	NM_001076841.1	2.3	2.21E-02	LOC512672	NP_001070309.1	MHC, class I precursor
	XM_015459910.2	3.76	6.68E-06	LOC507917	XP_015315396.1	BOLA class I histocompatibility antigen, alpha chain BL3-6 isoform X1
	NM_001193019.1	2.48	1.05E-02	NFKBID	NP_001179948.1	NF-kappa-B inhibitor delta

Agradecimientos y fuente financiadora
INIFAP, Proyectos Fiscales No. 11481036208

Referencias bibliográficas

- Álvarez, J. A., Rojas, C., & Figueroa, J. V. (2019). Diagnostic tools for the identification of *Babesia* sp. in persistently infected cattle. *Pathogens*, 8(3), 143.
- Antunes, S., Couto, J., Ferrolho, J., Sanches, G. S., Merino, J. O., de la Cruz, *et al.* (2019). Transcriptome and proteome response of *Rhipicephalus annulatus* tick vector to *Babesia bigemina* infection. *Frontiers in Physiology*, 10, 318.
- García-Sánchez, M., Jiménez-Pelayo, L., Horcajo, P., Regidor-Cerrillo, J., Collantes-Fernández, E., & Ortega-Mora, L. M. (2019). Gene expression profiling of *Neospora caninum* in bovine macrophages reveals differences between isolates associated with key parasite functions. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 9, 354.
- Lopez, B. I., Santiago, K. G., Lee, D., Ha, S., & Seo, K. (2020). RNA sequencing (RNA-Seq) based transcriptome analysis in immune response of Holstein cattle to killed vaccine against Bovine Viral Diarrhea Virus type I. *Animals (Basel)*, 10(2), 344.
- Wang, Z., Gerstein, M., & Snyder, M. (2009). RNA-Seq: a revolutionary tool for transcriptomics. *Nature Reviews Genetics*, 10(1), 57–63.

ANÁLISIS MOLECULAR DEL COMPONENTE MEMBRANAL ASOCIADO AL RECEPTOR DE PROGESTERONA DE *Rhipicephalus microplus*.

Daniela Rios-Jasso, Rosa Estela Quiroz-Castañeda, Raquel Cossío-Bayúgar, Rubén Hernández-Ortiz,
Hugo Aguilar-Díaz*
CENID-SAI, INIFAP

*Autor para correspondencia: aguilar.hugo@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Trans-regulación*, hormonas, garrapata.

Introducción

Rhipicephalus microplus, también conocida como “Garrapata Común del Ganado” se considera uno de los ectoparásitos hematófagos obligados de mayor importancia sanitaria a nivel mundial, ya que es la causante de grandes pérdidas económicas en la ganadería bovina, debido a su gran capacidad expoliativa y vectorial para transmitir diversos patógenos al ganado bovino. Hasta el momento, uno de los enigmas en la biología de la garrapata radica en la comprensión de algunos mecanismos presentes en la interacción hospedero-parásito, ya que se ha desarrollado una comunicación constante a diferentes niveles donde están involucrados mecanismos directos e indirectos sobre el establecimiento y proliferación del parásito. Recientemente, se ha explorado la relación que existe entre algunas hormonas y el curso de infecciones parasitarias, donde el componente hormonal puede favorecer, o bien, bloquear el establecimiento y reproducción del patógeno. Así mismo, algunos estudios sugieren que muchos parásitos son capaces de generar estructuras similares a las de su hospedero, con el fin de explotar al máximo sus componentes sanguíneos. Este proceso es conocido como *trans-regulación*.

Objetivos

General

- Determinar a nivel molecular la presencia y expresión del Componente Membranal Asociado al Receptor de Progesterona (MAPRC) en tejido ovárico de la garrapata *Rhipicephalus microplus*.

Particulares

- Determinar la presencia del gen MAPRC en el genoma de *R. microplus* mediante ensayos de PCR punto final.
- Determinar la expresión del gen MAPRC en ovarios de hembras de *R. microplus* mediante ensayos de RT-PCR.
- Predecir mediante análisis bioinformáticos los dominios teóricos y la estructura tridimensional del receptor MAPRC de *R. microplus*, al igual que el acoplamiento (docking) molecular con la progesterona y diferentes inhibidores competitivos.

Materiales y métodos

Mediante el uso de herramientas moleculares y análisis bioinformáticos se realizó la búsqueda del gen receptor a progesterona en el genoma de *R. microplus* utilizando la secuencia de los genes *PGRMC* de *Homo sapiens* y *Bos taurus* como criterios de búsqueda. La secuencia obtenida se denominó MAPRC de *R. microplus*. Asimismo, el diseño específico de oligonucleótidos se realizó a partir de la secuencia codificante del MAPRCm mediante el programa Primer-BLAST (NCBI), que igualmente a través de análisis *in silico* se confirmó la identidad de los oligonucleótidos con la secuencia inicial. Mediante ensayos de PCR punto final se confirmó la presencia del gen receptor asociado a progesterona en el genoma de *R. microplus* utilizando como templado ADNg. Se sintetizó cDNA mediante una reacción de transcriptasa inversa (RT) utilizando ARN extraído del tejido ovárico de garrapatas hembras ingurgitadas y, posteriormente se confirmó la expresión relativa del gen MAPRC de *R. microplus* mediante ensayos de PCR punto final, donde se utilizaron los oligonucleótidos del gen de la *Glutation S- Transferasa* (GST) (767 pb) como control constitutivo. Las bandas de los amplicones obtenidos del MAPRC de *R. microplus* se purificaron y se secuenciaron en la unidad de secuenciación SENASICA. Adicionalmente, la determinación de los dominios teóricos presentes del MAPRCm se llevó a cabo mediante un análisis *in silico* en la base de datos Interpro y NCBI Conserved Domain Search, en esta ocasión utilizando la secuencia de aminoácidos. Por otra parte, se realizó una predicción del modelo molecular 3D del MAPRCm utilizando el servidor SWISS-MODEL

mediante una colección de modelos homólogos de proteínas 3D cristalizadas previamente reportadas. Para la determinación del acoplamiento molecular “docking” se evaluó la interacción molecular del receptor a progesterona con su respectivo ligando (P4) y algunos inhibidores competitivos; tamoxifeno, bisfenol A y mifepristona (RU486). Finalmente, se realizó un árbol filogenético con secuencias representativas de PGRMC de mamíferos, helmintos y artrópodos (arácnidos e insectos).

Resultados

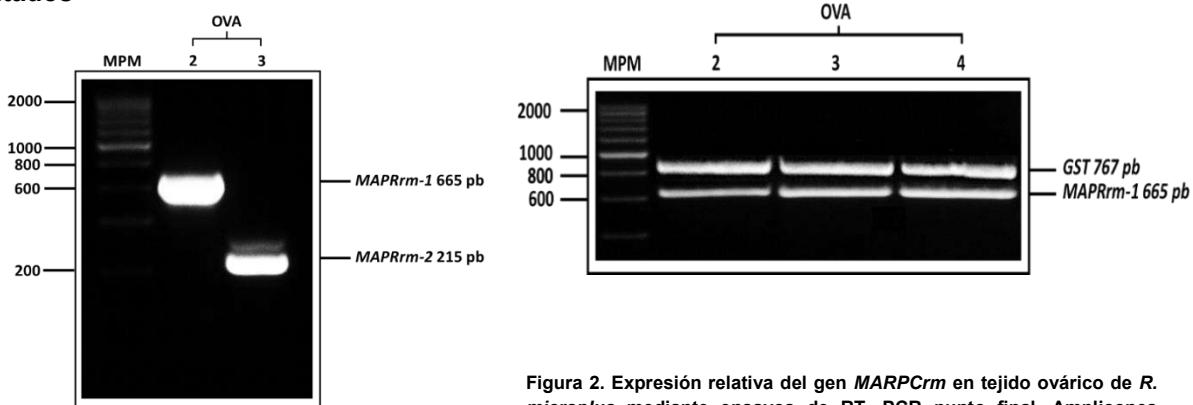


Figura 1. Presencia del gen *MARPCrm* en el genoma de *R. microplus* mediante ensayos de PCR punto final. Amplicones obtenidos de los oligonucleótidos *MAPRCrm-1* y *MAPRCrm-2*. Nota: Para los ensayos posteriores, solo se utilizaron los oligonucleótidos que corresponden al *MAPRCrm-1*, ya que amplificaron la secuencia más extensa (665 pb).

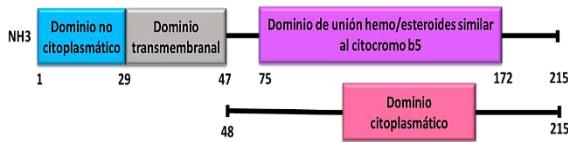


Figura 3. Estructura del Componente Membranal Asociado al Receptor de Progesterona de *R. microplus* (*MARPCrm*) en presencia de cuatro dominios.

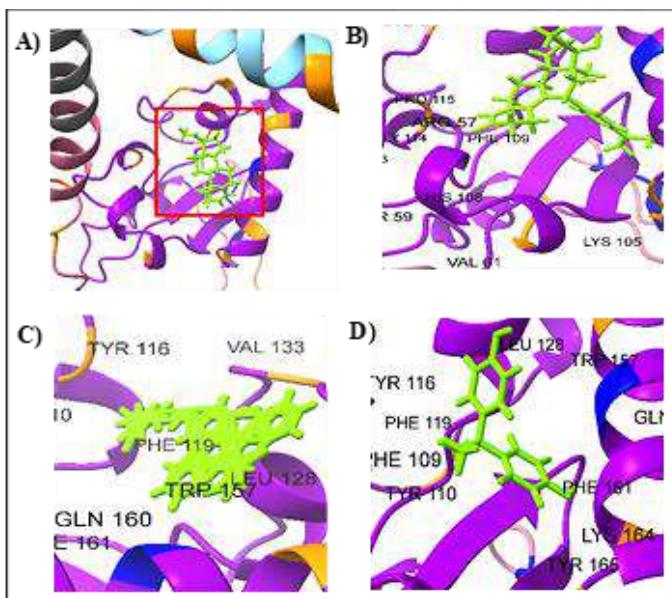


Figura 4. Comparación de la dinámica y acoplamiento molecular del *MARPCrm* con diferentes ligandos. A) *MARPCrm* acoplado a progesterona, B) *MARPCrm* acoplado a mifepristona, C) *MARPCrm* acoplado a tamoxifeno y D) *MARPCrm* acoplado a bisfenol A.

Discusión

Interesantemente, nuestro trabajo confirmó por primera vez la presencia del gen *MARPCrm* en el genoma de *R. microplus* mediante ensayos de PCR. Asimismo, los ensayos de RT-PCR mostraron la expresión relativa del *MARPCrm* en el tejido ovárico, lo cual apoya la idea de la existencia de mecanismos biológicos mediados por la presencia de la progesterona, que en las garrapatas aún permanece sin esclarecerse. Por otro lado, los análisis *in silico* de la estructura del *MARPCrm* demostraron la presencia de cuatro dominios, entre ellos, el dominio de unión a hemo/esteroides similar al citocromo b5 previamente reportado en la familia de los MAPR (Cahill, 2007). Estos resultados sugieren que el *MARPCrm* de la garrapata *R. microplus* pudiera tratarse de un receptor de tipo PGRMC-1. Adicionalmente, los análisis de acoplamiento molecular mostraron una interacción hormona-receptor de la progesterona al dominio de

unión hemo/esteroides, como también su capacidad de unirse a moléculas parecidas a la progesterona, tales como inhibidores competitivos (tamoxifeno y mifepristona) y un disruptor endocrino (bisfenol A), lo cual indica que alguna de estas moléculas, podría proponerse como un buen blanco de control para bloquear algunos efectos de la progesterona en garrapatas, especialmente en procesos inmunológicos, de diferenciación y desarrollo, y con ello desarrollar nuevas estrategias para el control de infestaciones de garrapatas.

Conclusiones

Se confirmó la presencia de la secuencia del gen *MAPRCrm* en el genoma de *R. microplus*, como también se demostró la expresión relativa del *MAPRCrm* en tejido ovárico de la garrapata mediante ensayos de RT-PCR. Los análisis *in silico* sugieren que el *MAPRCrm* corresponde a un PGRMC de tipo 1 de la familia MAPR. Finalmente, se demostró mediante los análisis de acoplamiento molecular, la alta afinidad que el *MAPRCrm* de *R. microplus* tiene para unir progesterona, inhibidores competitivos y disruptores endocrinos.

Fuente financiadora

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Artropodología del CENID-SAI del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, con apoyo de INIFAP FONDOS FISCALES, No. de Proyecto **SIGI 13232936047**, bajo la dirección del Dr. José Hugo Aguilar Diaz.

Referencias bibliográficas

1. Aguilar-Díaz, H. y Castro-Nava, K.E. (2015). Endocrine Immune Interactions in the Host-Parasite Relationship: Steroid Hormones as Immune Regulators in Parasite Infections. *Journal os Steroids & Hormonal Science*, 06(03). DOI: 10.4172/2157-7536.1000165
2. Anderson, J. F., & Magnarelli, L. A. (2008). Biology of ticks. *Infectious disease clinics of North America*, 22(2), 195–v. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2007.12.006>
3. Cahill, M.A. 2007. Progesterone receptor membrane component 1: An integrative review. (2007). *ScienceDirect*, 105 (1-5), 16-36. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2007.02.002>

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN CULTIVO INICIADOR A BASE DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO ACIDIFICADO A ESCALA PILOTO.

José Martín Ruvalcaba-Gómez^{1*}, Luis Miguel Anaya Esparza², Ramón Ignacio Arteaga-Garibay¹, Elizabeth Martín-Jiménez², María Dolores Méndez-Robles², Ernesto Emmanuel Hermosillo Martín², Emiliano Gutiérrez-Medrano², Christian Manuel Aguirre-Valadez².

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Blvd. de la Biodiversidad 400, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, 47600, México. ² Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara, Carr. Tepatitlán-Yahualica km. 7.5, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, 47600, México.

*Autor para correspondencia: ruvalcaba.josemartin@inifap.gob.mx

Palabras clave: Proteólisis, fermentación, lácteos.

Introducción.

El catálogo de quesos Genuinos Mexicanos incluye al menos 17 quesos que se elaboran bajo procesos artesanales, en los cuales, la microbiota propia de la leche que se utiliza para su elaboración (principalmente representada por bacterias), es la responsable del proceso de fermentación de la leche (Cervantes *et al.*, 2008). Por otra parte, con el objetivo de asegurar la inocuidad microbiológica de la leche y aumentar la vida útil de la misma y sus derivados, se han diseñado diversos tratamientos térmicos, de los cuáles el método de elección es la pasteurización, que consiste en elevar la temperatura del producto por encima de los 63 °C, mantenerla por un tiempo determinado e, inmediatamente, aplicar un choque térmico (descenso drástico de la temperatura), lo cual garantiza la reducción de la carga microbiana (Fox *et al.*, 2017). El objetivo principal de la pasteurización es limitar la sobrevivencia de microorganismos potencialmente patógenos, pero conlleva a la disminución de la microbiota total del producto, e induce cambios sobre la estructura de las proteínas (Grappin y Beuvier, 1997). Estos efectos, inducen cambios en el carácter tecnológico de la leche que, en función de la severidad del tratamiento, retardan el tiempo de coagulación y puede contribuir a la retención de humedad en el queso, entre otros. Por esta razón, es necesario la inclusión de cultivos iniciadores que lleven a cabo el proceso de fermentación de la leche durante la elaboración del queso y, por consecuencia, el desarrollo de las características deseables en el producto. En un estudio previo, a partir de bacterias ácido-lácticas obtenidas de queso Adobera artesanal, un queso artesanal genuino Mexicano, fresco, de pH bajo, color blanco-amarillento, elevada proteólisis y fundente (Ruvalcaba *et al.*, 2020), se diseño y evaluó el comportamiento *in vitro* (lotes de 8 L de leche) de un cultivo iniciador para la elaboración de un queso fresco acidificado, lo más parecido al queso Adobera artesanal, a partir del uso de leche pasteurizada (Ruvalcaba *et al.*, 2022). El resultado fue un queso con mayor contenido de humedad, indicadores de maduración reducidos, mayor contenido de grasa, y textura más firme, respecto al queso adobera elaborado a partir de leche cruda.

Objetivo

Evaluar el desempeño del cultivo iniciador a escala piloto.

Materiales y métodos

Se utilizaron 50 L de leche cruda de vaca de la raza Hostein obtenidos de una unidad de producción del sistema semi-tecnificado de los Altos de Jalisco (Grasa 2.7%, Sólidos no grasos 8.79%, Proteína 3.28%, densidad 1.030 g/mL. Lactoscan, Milktronic Ltd, Nova Zagora, BGR). La leche se pasteurizó a 63 °C durante 30 minutos (Pasteurizador 50-300, Plevnik, Dobrova, SI). La temperatura de la leche se estabilizó a 32-35 °C para la adición del cultivo (1% v/v, inóculo preparado en leche descremada estéril, 1X10⁸ UFC/mL), que consistió en una mezcla de tres bacterias ácido lácticas (identificadas como las cepas: A53, A151, y A100) (Ruvalcaba *et al.*, 2022), seguido de reposo por 30 min a 35 °C, adición de cloruro de calcio (0.05 g/L) y cuajo enzimático de doble fuerza (0.15 mL/L) y reposo hasta la formación del coágulo (30 min, aproximadamente). El coágulo se cortó en cubos de aproximadamente 1 cm³ y se reposó durante 15 minutos; posteriormente, la cuajada se mantuvo con agitación intermitente a 35 °C durante 30 minutos. La cuajada formada se separó del suero por gravedad y se mantuvo a temperatura ambiente hasta alcanzar un pH cercano a 5.5, seguido de molienda, salado (1.5 % de NaCl, p/p), moldeado (piezas de 500 g), prensado (2 h) y empacado al vacío. Los quesos se mantuvieron a 4 °C durante 48 horas previo a su

análisis. El perfil de textura, contenido de grasa, proteína y aminoácidos libres (FAA) se calculó a partir del espectro de infrarrojo por transformada de Fourier (Cary 630 FTIR, Agilent Technologies; 400-4000 cm⁻¹, 32 scan, resolución 2 cm⁻¹) y el uso de modelos de predicción previamente validados (Ruvalcaba *et al.*, 2020). Adicionalmente, se evaluó el perfil de color (espacio de color L*, a*, b*, colorímetro NH300, Shanghai, China), pH (HANNA Instruments Ltd, HI 221, Bedford, UK) y acidez titulable. Los análisis se realizaron por triplicado.

Resultados y discusión

Se obtuvo un rendimiento quesero de 1.077 kg de queso/10 L de leche, similar a lo observado previamente durante la evaluación del cultivo *in vitro* (Ruvalcaba *et al.*, 2022). El espectro FTIR, así como las principales regiones espectrales utilizadas para la estimación del perfil composicional y de textura del queso se muestra en la Figura 1.

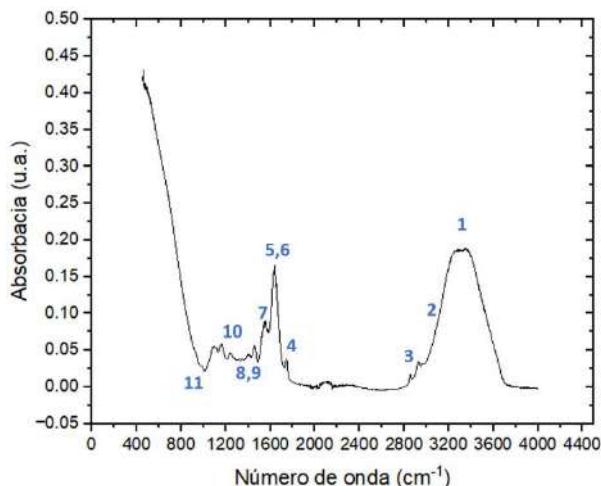


Figura 1. Espectro FTIR de queso fresco acidificado elaborado a partir de leche pasteurizada y la inclusión de cultivo mixto a base de bacterias ácido-lácticas.

Regiones espectrales: 1: 3600-3300, estiramiento OH. 2: 3280-3225, Amida A (N-H), vibraciones de tensión. 3: 3050 =CH₂, vibraciones de tensión. 4: 1740 C=O, estiramiento de ésteres. 5: 1700-1600 Amida I, C=O vibración de enlaces peptídicos. 6: 1654, flexión del O-H, agua. 7: 1580-1510, Amida II, flexión del N-H. 8: 1500-1300, flexión del C-H de CH₂ y CH₃ de grasas y proteínas. 9: 1400, estiramiento simétrico del C=O; COO-. 10: 1200-1350, Amida III, flexión del NH y estiramiento de CN. 11: 1299-900 (huella dactilar), estiramiento de C-O y C-C; deformación de C-O-H y C-O-C en carbohidratos (Subramanian *et al.* 2016)

La composición y perfil de textura se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Composición y perfil de textura de queso fresco acidificado elaborado a partir de leche pasteurizada y el uso del cultivo iniciador mixto a base de bacterias ácido lácticas.

Composición	Perfil de textura
Proteína (%)*, ¹	34.17±5.18
Grasa (%)*, ¹	43.63±2.71
pH	5.6±0.1
Acidez (% ácido láctico)	15.0±2.2
Actividad de agua (Aw)	0.77±0.03
Proteólisis (FAA)**, ¹	0.51±0.24
Humedad (%)	53.5±3.0
Dureza (kg) ¹	1650.7±318
Cohesividad (-) ¹	0.58±0.18
Elasticidad (-) ¹	0.64±0.15
Masticabilidad (kg) ¹	565.0±154
Resiliencia (-) ¹	0.24±0.04

*Resultados expresados como porcentaje en la materia seca del queso. **FAA= Aminoácidos libres en la materia seca del queso, ¹Valores estimados a partir del espectro FTIR del queso mediante el uso de modelos de predicción.

El contenido de proteína fue de 34%, mientras que porcentaje de grasa estuvo cercano al 44%, similar a lo observado en queso Adobera artesanal de los Altos de Jalisco (Ruvalcaba *et al.*, 2020). El contenido de agua fue cercano al 54%, mientras que la actividad de agua estuvo debajo de 0.8 y el pH cercano a 5.5. El perfil de textura correspondió a un queso firme, de cohesividad media, limitada elasticidad y masticabilidad y baja resiliencia. En general, los resultados coinciden con lo observado previamente en quesos elaborados con leche pasteurizada y la adición del cultivo en ensayos a escala de laboratorio (Ruvalcaba *et al.*, 2022) excepto para los parámetros de proteólisis (FAA) y dureza que fueron superiores en la evaluación a escala piloto, y contenido de proteína, que fue menor. Respecto al perfil de color (Tabla 3), el queso obtenido fue de color blanco-amarillento, ligeramente más blanco que los quesos elaborados previamente a escala laboratorio, lo cual podría estar relacionado con componentes de color en la leche que se utilizó para la elaboración del queso (Ruvalcaba *et al.*, 2022).

Tabla 3. Perfil de color del queso fresco acidificado elaborado a partir de leche pasteurizada y el uso del cultivo iniciador mixto a base de bacterias ácido lácticas.

Color			
<i>L</i> *	86.8±1.2	°hue	71.1±0.9
<i>a</i> *	-3.6±0.2	Croma	11.2±1.0
<i>b</i> *	10.6±1.0	Índice de blancura	82.6±1.0
		Índice de amarillez	17.4±1.7

Conclusiones

El cultivo iniciador a base de bacterias ácido-lácticas autóctonas de queso Adobera artesanal de los Altos de Jalisco mostró buen desempeño durante la implementación de un proceso de elaboración de queso fresco acidificado a escala piloto. El cultivo permitió obtener un adecuado rendimiento quesero, así como una buena concentración de sólidos en el queso, lo que permitió el desarrollo de características composicionales y de textura similares a las observadas previamente a escala de laboratorio.

Agradecimiento

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Proyecto SIGI: 1531226904.

Referencias bibliográficas

1. Cervantes E. F., Villegas de Gante A., Cesín V. J. A. y Espinoza O. A. (2008) Los quesos mexicanos genuinos/ Genuine Mexican Cheeses: Patrimonio cultural que debe rescatarse. 1st ed. Mundi Prensa México, México City, Mexico.
2. Fox, P.F.; Guinee, T.P.; Cogan, T.M.; McSweeney, P.L.H. Fundamentals of Cheese Science; Springer US: Boston, MA, USA, 2017
3. Grappin R. y Beuvier E. (1998) Possible Implications of Milk Pasteurization on the Manufacture and Sensory Quality of Ripened Cheese. Review. Int Dairy J 7:751-761.
4. Ruvalcaba-Gómez, J.M.; Ruiz-Espinosa, H.; Arteaga-Garibay, R.I.; Rojas-López, M.; Amador-Espejo, G.G.; Anaya-Esparza, L.M.; Delgado-Macuil, R.J. (2020) Texture, Physicochemical and Sensory Properties of Artisanal Adobera Cheese from Los Altos de Jalisco, a Genuine Mexican Cheese. Int. J. Dairy Technol., 73, 411–420.
5. Ruvalcaba-Gómez, J.M.; Ruiz-Espinosa, H.; Méndez-Robles, M.D.; Arteaga-Garibay, R.I.; Anaya-Esparza, L.M.; Villagrán, Z.; Delgado-Macuil, R.J. (2022) Use of Autochthonous Lactic Acid Bacteria as Starter Culture of Pasteurized Milk Adobera Cheese. Fermentation, 8, 234.
6. Subramanian A., Prabhakar V. y Rodriguez-Saona L. (2016) Analytical Methods: Infrared Spectroscopy in Dairy Analysis. Reference Module in Food Science.

INMUNIZACIÓN CONTRA MIOSTATINA COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO EMPLEANDO UN BACULOVIRUS COMO VECTOR DE VACUNACIÓN.

Vianey Ramírez Andoney*, Víctor David González Fernández, Amanda Gayosso Vázquez, Juan Pablo Pintor Ríos, Rogelio Alonso Morales*

*

Departamento de Genética y Bioestadística. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor para correspondencia: vianny102@hotmail.com

Palabras clave: Miostatina, baculovirus, promotor de crecimiento.

Introducción

Un objetivo principal en la producción animal es maximizar el crecimiento y su eficiencia. Esto se puede lograr mediante el uso de promotores de crecimiento. Los antibióticos han desempeñado un papel importante en el desarrollo de la industria animal al igual que el uso de hormonas como estradiol, progesterona y testosterona y sus alternativas sintéticas, además de agonistas β -adrenérgicos como la ractopamina y el zilpaterol. Sin embargo, los consumidores y autoridades reguladoras están cada vez más preocupados por los residuos en los productos cárnicos, por lo que estas drogas al igual que los antibióticos están siendo restringidas en los mercados de exportación y hay una tendencia a prohibirlos en todo el mundo (Aroeira et al. 2021; Thacker 2013).

Otro enfoque es el uso de métodos inmunológicos o vacunas, que induzcan una respuesta inmune hacia moléculas específicas, que serán bloqueadas o activadas estimulando una respuesta de crecimiento muscular (Hill, R.A., et al. 2008). A diferencia de los medicamentos, las vacunas no dejan residuos peligrosos a la salud humana en los productos cárnicos. Varios factores de crecimiento negativos se han evaluado como blancos para la inmunización que puede promover el crecimiento, como la miostatina, la somatostatina o el IGF-1 (Hill, RA et al 2003).

Se ha mostrado que la miostatina regula negativamente el número final de fibras musculares durante el desarrollo, bloqueando la proliferación y diferenciación de mioblastos, al igual que el tamaño de la fibra del músculo en individuos adultos. De esta forma, la miostatina y aquellas moléculas con las que interactúa han mostrado ser blancos terapéuticos para incrementar el crecimiento muscular (Chen PR, and Lee K 2016).

Nuestro grupo de trabajo generó una construcción genética como inmunógeno que consiste en la región bioactiva de la miostatina fusionada a los epitopos P2 y P30 de la toxina tetánica (P2MSTP30). Esta construcción se ha incorporado en vacunas de ADN y expresado como antígenos recombinantes y se ha evaluado en ratones, induciendo en los individuos inmunizados un crecimiento muscular de 20% al 40% (Ramirez-Andoney, et al. 2019). Así mismo, se ha evaluado en cerdos observando una ganancia de peso entre un 7 y 19% (Gomez-Salazar et al. 2019).

Los baculovirus son virus de insectos que se emplean como vectores de expresión genética, transferencia de genes y vectores vacunales gracias a su gran bioseguridad, capacidad de clonación, baja citotoxicidad y naturaleza no replicativa en células transducidas, así como su relativa facilidad de manipulación y producción. Con el fin de mejorar los niveles de inmunización hacia miostatina en este trabajo se clonó el inmunógeno P2MSTP30 en un baculovirus y se evaluó en su capacidad de inducir anticuerpos y crecimiento muscular en ratones.

Objetivo

Construir como vehículo de inmunización hacia miostatina un baculovirus que exprese el inmunógeno P2MSTP30 y evaluarlo como promotor de crecimiento en ratones.

Materiales y métodos

Se construyó un baculovirus como vector de inmunización (pFBM-A3) con promotores duales que expresan antígenos recombinantes (Fragoso-Saavedra, et al. 2022). Este vector presenta el gen reportero EGFP que permite su fácil cuantificación viral por emisión de fluorescencia en células de insecto. En este vector se clonó la construcción genética P2MSTP30, que consiste en el gen de la miostatina fusionado a epitopos P2 y P30 de la toxina tetánica (Rámirez- et al 2019) dando origen al baculovirus A3P2MP30 (**Figura 1**). Este baculovirus fue propagado en células de insecto SF9 en medio Sf-900TM II (Gibco, USA) a 27 °C en

agitación a 80 rpm por 96 horas y posteriormente, fue concentrado por centrifugación. El antígeno recombinante P2MP30 expresado en las células Sf9 infectadas se purificó mediante cromatografía de afinidad con agarosa Ni+2 – NTA (Qiagen).

Para evaluar el efecto en el crecimiento muscular del baculovirus se inmunizaron grupos de 8 ratones macho BALB/C (21 días de edad). Grupo 1: Antígeno recombinante -p2MSTNp30, grupo 2: -p2MSTNp30; grupo 3 (Control positivo): inmunización Prime Boost, que consistente en aplicar primero una vacuna DNA seguido del antígeno recombinante; grupo 4 (control negativo): PBS. Los ratones fueron inmunizados en cuatro ocasiones, cada 14 días. La dosis de administración consistió en: Antígeno recombinante 50 μ g más adyuvante incompleto de Freund 1/1 V/V; baculovirus A3p2MSTNp30 = 1x10⁹ copias; vacuna ADN = 100 μ g. Los individuos se pesaron cada 14 días, y las regiones corporales se evaluaron post mortem el día 56. Se pesaron distintas regiones corporales: canal, región caudal, región craneal, miembros anteriores y posteriores. Se obtuvo el suero de cada individuo para la detección de anticuerpos por ELISA.

Resultados

Se construyó un baculovirus recombinante con la miostatina quimérica (P2MSTP30) clonada, en la **Figura 1** se muestra su mapa genético. En la **Figura 2** se aprecia que el baculovirus al propagarse en células Sf9 expresa la proteína verde fluorescente lo que permite que sea fácilmente titulado. En la **Figura 3** se muestra un WB revelado con anticuerpos anti-his que detecta que el baculovirus al propagarse en las células de insecto expresa la proteína recombinante P2MSTP30, igualmente se identifica en los viriones concentrados y en la proteína recombinante purificada por columna de afinidad. En la **Figura 5**. se muestra en ratones, el efecto de la inoculación de los baculovirus recombinantes en el crecimiento de diferentes segmentos corporales. En el grupo 1 y 2 se observó un incremento en los pesos en los miembros anteriores y posteriores ($p<.05$).

Conclusiones

En este trabajo, se desarrolló un baculovirus recombinante que expresa la miostatina quimérica (A3P2MP30) y se evaluó como promotor de crecimiento. Se demostró que el baculovirus A3P2MP30 expresa la proteína verde fluorescente después de infectar células de insectos, lo que permite monitorear su crecimiento y facilitar la titulación viral. El baculovirus A3P2MP30 expresa la miostatina quimérica recombinante en células de insectos, a partir de la cual pudo ser purificada por cromatografía de afinidad. Observamos que los ratones inmunizados con el antígeno recombinante y con el baculovirus AP2MP30 recombinante, inducen una respuesta inmune produciendo anticuerpos contra la miostatina, y promueven el crecimiento muscular en los individuos inmunizados.

El uso de baculovirus como vectores de inmunización puede ofrecer ciertas ventajas. Son fáciles de producir, alcanzando altos títulos, tienen una alta estabilidad, se puede purificar el virión por centrifugación alcanzando una alta pureza antigenica. Igualmente, no se requiere de adyuvantes en su administración, así como la posibilidad de emplearlo en inmunización mucosal. Este estudio muestra que el baculovirus A3P2MP30 tiene el potencial de ser utilizado como promotor de crecimiento muscular en especies pecuarias con importantes aplicaciones en la industria animal.

Agradecimientos

Se agradece la participación de Biol. Ernesto Enríquez y MVZ Julio Sánchez Lemus de la Unidad de Constatación de Productos Químico– Biológicos y Bioterio de la FMVZ-UNAM.

Fuente financiadora

Este trabajo fue financiado parcialmente por la DGAPA-UNAM - proyecto PAPIIT IT200921. Estancias posdoctorales por México para la formación y consolidación de las y los investigadores por México CONACYT 2022 CVU 348200 y Beca CONACYT 2018-000068-02NACF-24014.

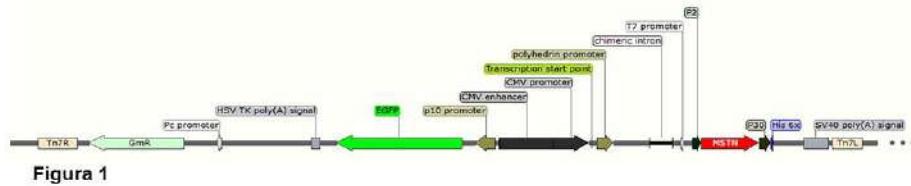


Figura 1

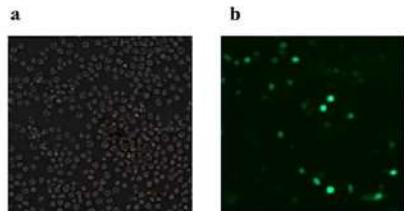


Figura 2

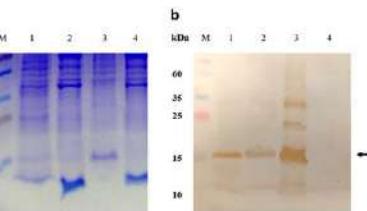


Figura 3

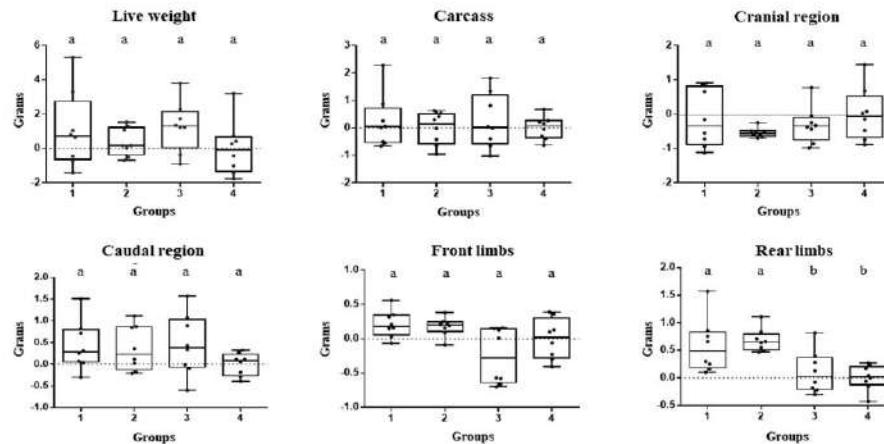


Figura 4

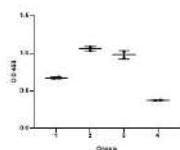


Figura 5

Fig. 1. Mapa genético del Baculovirus recombinante A3P2MP30. Fig. 2. Propagación del baculovirus A3P2MP30 en células de insecto. Fig. 3.- Expresión de Miostatina Químérica Recombinante en Baculovirus A3P2M30. Fig. 4 Pesos de diferentes regiones corporales en ratones inmunizados. Fig. 5 Niveles de anticuerpos antimioestatina.

Referencias bibliográficas

1. Sans, P. & Combris, P. World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961-2011). *Meat Sci.* **109**, 106–111 (2015).
2. Bass, J., Oldham, J., Sharma, M. & Kambadur, R. Growth factors controlling muscle development. in *Domestic Animal Endocrinology* (1999). doi:10.1016/S0739-7240(99)00036-3.
3. Andoney, V. R., Vázquez, A. G., Ríos, J. P. P., Buchelli, J. E. V. & Morales, R. A. A. Chimeric Myostatin — Tetanic Toxin Epitopes and Heterologous Prime-boost Immunization Improve Immune Response Stimulating Muscle Growth in Mice. *Biotechnol. Bioprocess Eng.* **24**, 773–781 (2019).
4. Salazar, G.E.O., Flores, L.C., Martínez K. M., et al., Effect of Prime-Boost Immunization Against Myostatin on Antibody Levels, Backfat and Growth in Pigs. *Journal of Animal and Veterinary Advances.* **3**, 65-70 (2019). doi: 10.36478/javaa.2019.65.70.

DESARROLLO DE UN INMUNÓGENO RECOMBINANTE PARA PD-L1 CON POTENCIAL INMUNOTERAPÉUTICO EN ONCOLOGÍA CANINA.

Arroyo León Erika^{1*}, Ramírez Andoney Vianney¹, Gayosso Vázquez Amanda¹, Alonso Morales A. Rogelio^{1*},

¹Laboratorio de Genética Molecular. Departamento de Genética y Bioestadística. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor para correspondencia: lemai.erika@gmail.com , ralonsom@unam.mx

Palabras clave: PD-L1, caracterización, cáncer.

Introducción

El PD-L1 (Ligando 1 de muerte celular programada) es una glicoproteína transmembranal, también conocido como CD274 o B7-H1) de 290 aminoácidos y 40 kDa de peso. Es miembro de la familia B7 de receptores transmembranales, que incluye dos dominios extracelulares similares a IgV e IgC; un dominio transmembranal y uno citoplasmático con potencial pronóstico y predictivo en tumores sólidos (1, 2), el gen PD-L1 está conformado por siete exones, en donde el exón 3 y 4 forman parte del dominio extracelular. PD-L1 puede expresarse en diferentes tipos de células inmunes y células tumorales (1, 3). En condiciones fisiológicas interactúa con el ligando PD-1, siendo un punto de control inmunológico, involucrado en la prevención de ataques inmunológicos contra autoantígenos, evita la hiperactivación de linfocitos T y enfermedades autoinmunes.

La interacción de PD-1/PD-L1 regula negativamente las células inmunes efectoras al inducir la inhibición y el agotamiento de los linfocitos T. Estas moléculas, junto a otras como CTLA-4, pueden suprimir las respuestas de los linfocitos T antitumorales (2).

Diversos tumores pueden sobreexpresar este mecanismo evadiendo la respuesta inmune del huésped, favoreciendo la propagación maligna, por lo que en medicina humana el PD-L1 (o PD-1) se ha empleado como blanco muy exitoso en inmunoterapias basadas en anticuerpos monoclonales dirigidos a bloquear la interacción de estas moléculas. Este recurso inmunoterapéutico no está disponible en oncología canina por lo que sería muy importante su desarrollo, particularmente en el melanoma oral canino, un tumor sumamente agresivo el cual sobreexpresar PD-L1.

En este trabajo se desarrolló una estrategia para obtener un inmunógeno que induzca la producción de anticuerpos policlonales monoespecíficos (APM) para el PD-L1 con fines inmunoterapéuticos.

Objetivo

Diseñar y caracterizar un inmunógeno contra PD-L1 con potencial inmunoterapéutico contra melanoma oral canino.

Metas

Se sintetizó un segmento del gen PDL-1 para la producción de inóculo de ADN y Antígeno recombinante (AgR) con la finalidad de producir anticuerpos APM contra PD-L1.

Materiales y métodos

Se sintetizó una construcción genética consistiendo en los exones 3 y 4 del gen PD-L1 fusionados a los péptidos P2 y P30 de la toxina tetánica (P2PD-L1P30) la cual se clonó en los vectores, pcDNA 3.1 y pET-11 obteniendo los plásmidos **pcDNA 3.1-P2PD-L1P30** y **pET-11-P2PD-L1P30**.

El plásmido pcDNA3.1-P2PD-L1-P30 es un vector de expresión celular que funciona como una vacuna de ADN. Este plásmido fue crecido en *E. coli* y purificado libre de endotoxinas para emplearse como inóculo en la producción de APM para PD-L1.

Por otro lado, se realizó transformación bacteriana de células BL21-DE3 con el plásmido pET-11-P2PD-L1-P30 para realizar expansión e inducción a diferentes DO de la proteína P2PD-L1P30 recombinante mediante IPTG, su influencia en el grado de crecimiento celular y expresión se corroboró mediante electroforesis en gel de poliacrilamida al 15% y la identificación del AgR P2PD-L1P30 mediante Western blot utilizando diferentes anticuerpos como el anticuerpo comercial Anti PD-L1 (**Sino Biological 10084-T24-100**) y Anti-His. Una vez identificado el AgR se realizó su purificación en condiciones desnaturalizantes (protocolo del laboratorio de Genética Molecular FMVZ-UNAM), dializado con PBS1x y fue cuantificado mediante espectrofotometría.

Para la obtención de AMP contra P2PD-L1P30 se utilizaron conejos Nueva Zelanda los que fueron inmunizados con un protocolo de inmunización Prime Boost Heterólogo que consiste primero inmunizar con una vacuna de ADN (**pcDNA3.1-P2PD-L1P30**) y posteriormente con el antígeno recombinante (P2PD-L1P30).

Los antisueros obtenidos fueron caracterizados por ELISA, WB e Inmunohistoquímica. Demostrando que el inmunógeno P2PD-L1P30 induce la producción de anticuerpos específicos para PD-L1.

Resultados

En la Figura 1 se muestra la construcción genética del inmunógeno P2PD-L1P30 conteniendo el dominio extracelular de PD-L1.

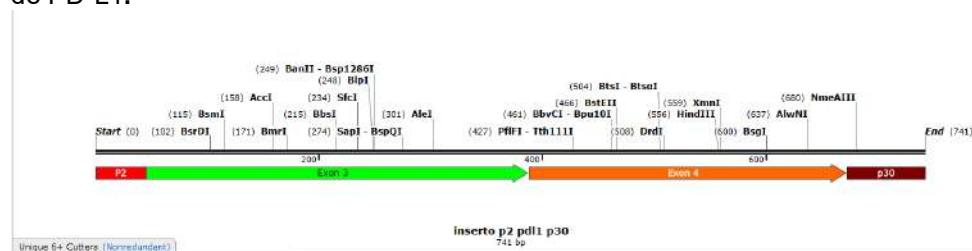


Figura 1.- Mapa de la construcción genética del inmunógeno P2PD-L1P30. La construcción consiste en los exones 3 y 4 del gen PD-L1 flanqueados con los péptidos P2 y P30 de la toxina tetánica.

El plásmido **pcDNA 3.1-P2PD-L1P30** fue crecido en *E. coli* y purificado libre de endotoxinas. A partir de 300 ml de cultivo se obtuvieron 8.1 mg de DNA

En la Figura 2 se muestra que la proteína recombinante P2PD-L1P30 es reconocida con anticuerpos Anti-His y anti PD-L1 comercial.

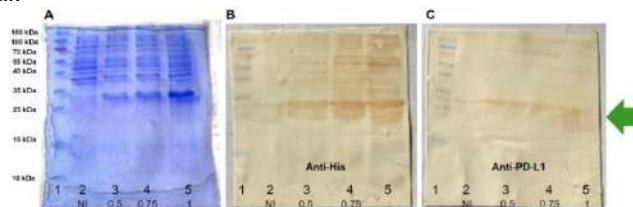


Figura 2.- Expresión del antígeno recombinante P2PD-L1P30 en *E.coli*. **A)** SDS-PAGE 15% extractos *E. coli* transformado con el pET11-P2PD-L1P30. Carriles: 1.- MPM; 2.- No inducido; 3-5. Inducciones a diferentes DO crecimiento celular. **B)** WB de A con Anti-His, **C)** WB de B con anti PD-L1 comercial.

En la Figura 3 se muestra el proceso de purificación de la proteína recombinante P2PD-L1P30. A partir de un crecimiento de 1 litro de bacteria se recuperó 2.23 mg.

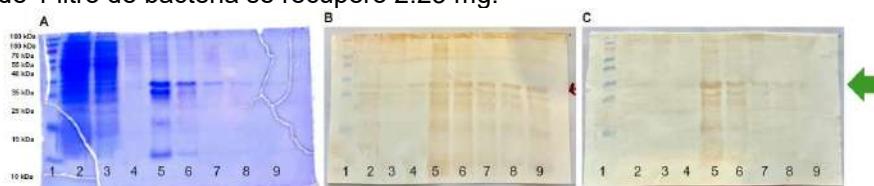


Figura 3.- Purificación del antígeno recombinante P2PD-L1P30 en *E.coli*. **A)** SDS-PAGE 15% extractos *E. coli* transformado con el pET11-P2PD-L1P30. Carriles: 1.- MPM; 2.-Lisado, 3.- Filtrado, 4.- Lavado, 5-9 ..-Eluidos de 1-5 . **B)** WB de A con Anti-His, **C)** WB de B con anti PD-L1 comercial.

Se inmunizaron conejos con la vacuna genética y AgR en un esquema prime-boost obteniéndose APM P2PD-L1P30. La caracterización de estos anticuerpos se muestra en la Figura 4.

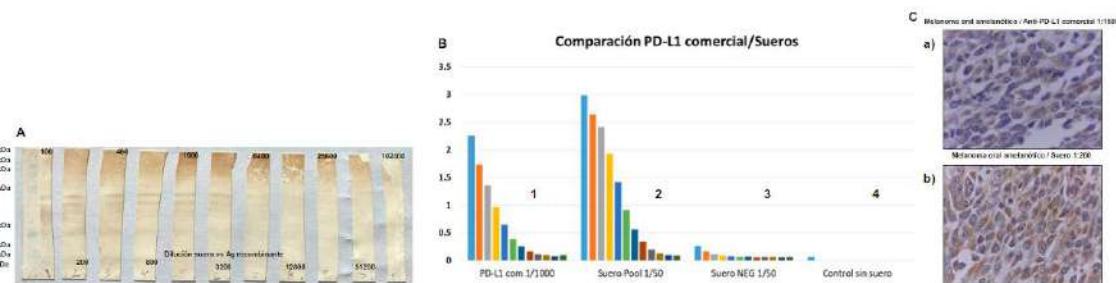


Figura 4.- Caracterización de anticuerpos policlonales monoespecíficos para P2PD-L1-P3. A) WB con el suero hiperinmune de conejo a diferentes diluciones contra tiras de AgR a una concentración de 50µg. B) ELISA sensibilizada con 0.1µg de AgR utilizando: 1) anticuerpo Anti-PD-L1 comercial, 2) Suero hiperinmune de conejo, 3) Suero negativo de conejo, 4) Control sin suero. C) Inmunohistoquímica de melanoma oral amelánico canino a) anticuerpo comercial, b) suero hiperinmune de conejo

Discusión y conclusiones

En este trabajo se demostró que el AgR P2PD-L1P30 producido en *E. coli* es reconocido en WB y ELISA con un anticuerpo anti-His y un anticuerpo comercial anti PD-L1. Esto nos indica que el AgR tiene los determinantes antigenicos de la PD-L1 nativa. Se inmunizaron conejos con vacuna de ADN y AgR de P2PD-L1P30 generando anticuerpos que detectan el AgR y por inmunohistoquímica el PD-L1 nativo expresado por células tumorales. Pruebas adicionales de especificidad para los APM producidos serían WB en extractos de tumores que expresan el PD-L1, citometría de flujo y finalmente pruebas clínicas en pacientes con tumores que expresan PD-L1.

La disponibilidad de una inmunoterapia para PD-L1 que emplea anticuerpos policlonales específicos en lugar de anticuerpos monoclonales será una herramienta terapéutica de gran versatilidad de bajo costo para diversos tumores en oncología veterinaria.

Agradecimientos

Se agradece al CONAHCYT por tesis de maestría para Arroyo León Erika.

Fuente financiadora

El proyecto fue financiado por Biotecnologías Moleculares, SA de CV.

Referencias bibliográficas

1. Sanguedolce, F., & Zanelli, M. (2023). Assessing PD-L1 Expression in Different Tumor Types. In *Handbook of Cancer and Immunology* (pp. 1-21). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80962-1_168-1
2. Akhtar, M., Rashid, S., & Al-Bozom, I. A. (2021). PD-L1 immunostaining: what pathologists need to know. *Diagnostic pathology*, 16, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13000-021-01151-x>
3. Chen, Y., Pei, Y., Luo, J., Huang, Z., Yu, J., & Meng, X. (2020). Looking for the optimal PD-1/PD-L1 inhibitor in cancer treatment: a comparison in basic structure, function, and clinical practice. *Frontiers in immunology*, 11, 1088. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.01088>

COMPOSICIÓN DEL MICROBIOMA DE GARRAPATAS *Rhipicephalus sanguineus* DE MEXICALI Y TIJUANA, BAJA CALIFORNIA.

Alma Rossana Tamayo-Sosa^{1*}, Rocío Adilene Torres-Nungara¹, Alberto Barreras-Serrano, Víctor Manuel Del Villar-Pérez¹, Tonatiuh Melgarejo²

¹ Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, UABC, ² Translational Medicine Laboratory College of Veterinary Medicine, Western University of Health Sciences.

*Autor para correspondencia: almatamayo@uabc.edu.mx

Palabras clave: *Rhipicephalus sanguineus*, microbioma, coxiella mudrowiae

Introducción

Rhipicephalus sanguineus es la garrapata más común en los perros con una distribución mundial y es el principal vector de diversos patógenos de importancia veterinaria y para la salud pública. Además de ser portadoras de microorganismos patógenos también poseen microorganismos comensales y simbióticos, los que en su conjunto constituyen el microbioma. En las garrapatas existen un grupo de bacterias que es único entre ellos y se conocen como endosimbiontes bacterianos, y dentro de estos se han identificado los géneros *Rickettsia*, *Francisella* y *Coxiella*, siendo el CLE por sus siglas en inglés “Coxiella like endosymbiont” (endosimbiante similar a Coxiella) presente en el 60.5% de varias especies de garrapatas, entre ellas *R. sanguineus*. En el caso particular del género *Coxiella* se clasifica comúnmente como patógeno para los vertebrados, sin embargo, para las garrapatas actúan como endosimbiontes que pueden proporcionar nutrientes esenciales ausentes de la fuente de alimento, y estudios demuestran su participación en el desarrollo y reproducción de *R. sanguineus*. Se ha descrito que el microbioma en las garrapatas también influye en la adquisición, mantenimiento y transmisión de patógenos. Estos miembros no patógenos y patógenos pueden neutralizarse entre sí porque compiten directamente con recursos limitados, como lo son nutrientes o un tejido en particular.

Objetivo

Determinar la composición del microbioma de *Rhipicephalus sanguineus* de Mexicali y Tijuana, B.C.

Materiales y métodos

Se colectaron garrapatas removidas de perros de los centros de control animal de los municipios de Mexicali y Tijuana, Baja California, en etanol al 70%. Se identificaron mediante estereoscopio siguiendo la guía descrita por Walker et al., (2003). Se seleccionaron 10 adultas semirepletas de sexo indistinto de cada municipio y se realizó la extracción individual de ADN con el kit comercial DNeasy Blood & Tissue QIAGEN. Se hizo un pool de ADN de aproximadamente 150 µl por municipio. El ADN se analizó por secuenciación de nueva generación por Zymo Research Corp. quien realizó la preparación de la biblioteca de muestras y el análisis de datos para el perfil bacteriano y fúngico. Las bibliotecas se prepararon utilizando el kit de preparación de bibliotecas NGS Quick-16S. Para el análisis bacteriano se seleccionó la región 16S rDNA V1-V3, y para el análisis fúngico se seleccionó la región ITS2. Para cuantificar los datos obtenidos se utilizó la abundancia relativa, (proporción de individuos de una especie en relación con el total de individuos de todas las especies presentes en un área determinada). Se calculó la abundancia relativa por cada municipio abarcando bacterias y hongos y posteriormente de manera individual para bacterias y para hongos por municipio.

Variables generadas en este estudio: especie bacteriana en abundancia relativa y especie fúngica en abundancia relativa. Se realizó un análisis estadístico descriptivo con valores de frecuencia expresados en porcentajes.

Resultados y discusión

Se identificaron diferentes bacterias de 4 filos, 7 clases, 14 órdenes, 22 familias, 24 géneros y 27 especies. A nivel de género las bacterias más abundantes fueron *Coxiella*. En el reporte de hongos se identificaron 3 filo, 5 clases, 9 órdenes 11 familias 15 géneros y 22 especies. A nivel de género el hongo más abundante fue *Cladosporium*.

La abundancia relativa de *Coxiella mudrowiae* en Mexicali fue del 40.31% y en Tijuana del 89.61%

Cuadro 1. Abundancia relativa (%) de bacterias por municipio.

Bacterias	Mexicali	Tijuana
<i>Coxiella mudrowiae</i>	40.31	89.61
<i>Psychrobacter arenosus</i>	23.10	0
<i>Staphylococcus pseudintermedius</i>	20.38	2.15
<i>Rhodococcus sp.</i>	0	0.76
<i>Rhodococcus erythropolis</i>	0	0.35
<i>Ehrlichia canis</i>	0	0
<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	0	0
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	0	0

Cuadro 2. Abundancia relativa (%) de hongos por municipio.

Hongos	Mexicali	Tijuana	Alternaria sp.	0	10.43
<i>Cladosporium sp.</i>	4.79	17.99	<i>Curvularia beasleyi-hawaiiensis</i>	37.23	10.79
<i>Cladosporium aphidis</i>	0	0	<i>Curvularia buchloes-spicifera-tsudae</i>	12.77	8.27
<i>Cladosporium halotolerans-sphaerospermum</i>	0	0	<i>Malassezia pachydermatis</i>	8.27	0
			<i>Aspergillus flavus</i>	6.91	0
			<i>Penicillium sp.</i>	0	16.55
			<i>Exserohilum sp.</i>	0	14.39
<i>Cladosporium lignicola-sphaerospermum</i>	0	0	<i>Fusarium brachylobosum</i>	0	0
			<i>Fusarium sp.</i>	0	0
<i>Cladosporium langeronii-psychrotolerans</i>	0	0	<i>Fusarium penzaii</i>	0	0
			(f) <i>Hypocreaceae sp.</i>	0	0
			<i>Mucor plumbeus</i>	0	0

Coxiella mudrowiae fue la especie más predominante reportándose en los dos municipios, resultado que coincide con lo reportado por Lazar et al., (2014) el cual identificó al género *Coxiella* comprendiendo más del 80% de la comunidad bacteriana presente en ovarios y en túbulos de malpighi de *Rhipicephalus sanguineus*. Esto sugiere que cumple un papel importante en la biología de la garrapata, ya que la presencia de *Coxiella* en los ovarios asegura la transmisión transovárica de la bacteria y proporciona nutrientes esenciales para el desarrollo ovárico y una posible función en el metabolismo del nitrógeno debido a que los túbulos de malpighi son los responsables de la eliminación de desechos nitrogenados. Así mismo la especie *Coxiella mudrowiae* ha sido previamente identificada en garrapatas *R. turanicus* como endosimbionte por Gottlieb et al., (2015) y por Cotes-Perdomo et al., (2020) quien reportó la presencia de la especie *Coxiella mudrowiae* en especímenes de *R. sanguineus* de la región caribe de Colombia. Así mismo los porcentajes de *Coxiella mudrowiae* fueron mayores en Tijuana, lo cual pudiera deberse a que las garrapatas de Tijuana hayan sido en su mayoría hembras y las de Mexicali más machos, ya se ha reportado que *Coxiella* se presenta en una mayor proporción en las garrapatas hembra que en los machos ya que los ovarios contienen el mayor porcentaje de *Coxiella* debido a que se transmite por vía materna a los ovocitos en desarrollo. Además, estudios demuestran que el linaje tropical de *R. sanguineus* está asociado con el género *Coxiella*, mientras que el linaje templado con el género *Rickettsia* como endosimbiontes, lo que coincide con los hallazgos de este estudio ya que estudios previos clasifican a *R. sanguineus* de esta región como tropical. Los géneros y especies de hongos fueron muy variables entre los dos municipios, y en su mayoría fueron contaminantes del medio ambiente y de la piel del huésped,

aunque en el caso de Mexicali se identificó la presencia de *Malassezia pachydermatis* que es una levadura presente de manera normal en la piel del perro pero que puede ser patógena bajo ciertas condiciones. Así mismo, *Aspergillus flavus* fue identificado también en Mexicali, y esta especie ha sido reportada como un hongo entomopatógeno en garrapatas *Rhipicephalus microplus* con capacidad de causar una enfermedad a la garrapata y causar su muerte.

Conclusiones

La composición del microbioma de *Rhipicephalus sanguineus* en los distintos municipios de Mexicali y Tijuana estuvo conformado por una alta variabilidad de bacterias y hongos, muchos de ellos componentes normales del suelo, piel del perro y plantas. Se identificó la especie bacteriana *Coxiella mudrowiae* como un potencial endosimbionte de *R. sanguineus* de esta región del país. Es necesario realizar más estudios para confirmar su papel como endosimbionte de *R. sanguineus*. Los hongos identificados en este estudio fueron en su mayoría contaminantes provenientes del medio ambiente, piel del perro, y solo uno de ellos, *Aspergillus flavus* identificado en Mexicali, se ha descrito como entomopatógeno, por lo que se requieren más estudios para determinar su papel sobre *R. sanguineus*.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este proyecto fue financiado por la 7^a Convocatoria Interna Necesidades Regionales UABC. Así como el agradecimiento al Dr. Tonatiuh Melgarejo por financiar los análisis de secuenciación de nueva generación.

Referencias bibliográficas

1. An, L., et al. 2022. The microbiota changes of the brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus* under starvation stress. *Frontiers in physiology*, 13: 932130.
2. Bonnet S. I., et al. 2017. The tick microbiome: Why non-pathogenic microorganisms matter in tick biology and pathogen transmission. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 7: 1-14.
3. Duron, O., F. et al. 2017. Evolutionary changes in symbiont community structure in ticks. *Molecular ecology*, 26(11): 2905– 2921.
4. Lalzar, I., et al. 2014. Tissue tropism and vertical transmission of *Coxiella* in *Rhipicephalus sanguineus* and *Rhipicephalus turanicus* ticks. *Environmental microbiology*.16(12): 3657–3668.
5. Lopes de Carvalho I., et al. 2016. Francisella species in ticks and animals, Iberian Peninsula. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 7(1): 159-165.
6. Quiroz-Castañeda R., et al. 2021. Avance en el estudio del microbioma de garrapatas: una visión hologenómica en busca de nuevas estrategias para su control. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad La Salle*. 14(56):123- 136.

EFECTO DE LA LECITINA DE SOYA O LIPOSOMAS SOBRE LA CINÉTICA DEL SEMEN OVINO REFRIGERADO.

Oscar Ángel-García^{1*}, Ma. Guadalupe Calderón-Leyva², Alan Sebastián Alvarado-Espino², Fernando Arellano-Rodríguez² Julieta Ziromara Ordoñez-Morales², Viridiana Contreras-Villarreal¹.

¹Departamento de Ciencias Medico Veterinarias, UAAAN UL, ²Departamento de Producción Animal, UAAAN UL.

*Autor para correspondencia: angelgarciao@hotmail.com

Palabras clave: Diluyente vegetal, cinética seminal, preservación.

Introducción

La criopreservación del semen se ha convertido en un aspecto importante de la industria ganadera, donde la inseminación artificial (IA) es la técnica más ampliamente aplicada para facilitar la utilización y distribución extensiva del semen (Miguel-Jimenez *et al.*, 2020). Las fallas en las técnicas de crio preservación son debilidades importantes, ya que impiden los avances tanto en la ciencia fundamental de los gametos de mamíferos, como en la biotecnología reproductiva. Se han desarrollado varios diluyentes a base de productos químicos para reducir el daño criogénico o el estrés oxidativo (EO) con distintos niveles de éxito. Se han descubierto conocimientos más detallados sobre la morfología y función de los espermatozoides mediante la aplicación de herramientas avanzadas en biología molecular y celular moderna (Kulaksız *et al.*, 2010).

Frecuentemente se ha opinado en contra del uso de la yema de huevo (YH) debido a la gran variabilidad de sus componentes, lo que hace que la evaluación de sus beneficios sea compleja (Kulaksız *et al.*, 2010). En la actualidad se ha tratado de evitar el uso de diluyentes de origen animal, ya que podrían ser una posible ruta de transmisión de enfermedades (Lima-Verde *et al.*, 2017). Por ello, se han utilizado sustitutos de la yema de huevo químicamente definidos sin ser de origen animal (El-Sisy *et al.*, 2018), elaborados a partir de lecitina de soya (LS) y que pueden ser potenciales alternativas para la criopreservación del semen (Lima-Verde *et al.*, 2017).

Objetivo

Comparar el efecto de la lecitina de soya (Andromed®; LS 1%) o liposomas (OptiXcell®; LP) sobre la cinética del semen refrigerado a 5°C por 36 horas.

Materiales y métodos

Lugar de estudio y condiciones climáticas.

El experimento se realizó en el Ejido Granada, Mpio. de Matamoros, Coahuila (norte de México), durante la época de otoño (octubre) de 2021, bajo un sistema de producción ovino intensivo.

El estudio se realizó en el ejido Granada Mpio. de Matamoros, Coahuila, (norte de México) durante el mes de junio de 2021 en un sistema de producción intensivo (25° N, 103°O).

El clima de la región es semidesértico, El lugar tiene una altitud de 1,139 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm. La humedad relativa oscila entre 26 y 61 %; los rangos de fotoperiodo de 13 h 41 min. durante el solsticio de verano (junio) a 10 h 19 min. durante el solsticio de invierno (diciembre); una temperatura que oscila entre 6 °C en invierno y 37 °C en verano (CONAGUA, 2015).

Manejo de los animales.

Se utilizaron 4 carneros con fertilidad probada a través de VA, durante el período experimental los carneros fueron alimentados con residuos de alimentos de una unidad de vacas lecheras Holstein. Su ración estaba compuesta principalmente de heno de alfalfa, ensilaje de maíz y grano de maíz. Los carneros fueron alimentados dos veces al día (1000 y 1800 h), tenían agua y sales minerales a libre acceso, además de corrales provistos de sombra.

Recolección del semen.

El semen fue recolectado por las mañanas (8:00 am) durante dos días consecutivos, utilizando como estímulo a la monta una oveja en estro (celo natural) y una vagina artificial (VA) atemperada a entre 37°C. Despues de cada extracción, el semen fue colocado a baño maría (37° C) e inmediatamente fue llevado a

laboratorio y posteriormente diluido con los diluyentes Andromed®; LS 1% u OptiXcell®; LP. Las muestras de semen fueron sometidas a dos procesos para su evaluación: Usodirecto (semen fresco, SF); enfriado de 37 °C a 5 °C, durante 2 horas (semen refrigerado, SR) y posteriormente se mantuvieron durante 48 h en refrigeración.

En cada uno de los estados de conservación (SR) el semen se analizó cada 12 para evaluar el porcentaje de motilidad espermática [motilidad total; MOT, motilidad progresiva;(MOP), motilidad rápida; (MOR), motilidad lenta; (MOLT), motilidad local (MOLC) y espermatozoides inmóviles (EINM), utilizando sistema computarizado de análisis seminal (Computer Assisted Semen Analysis, CASA; Minitube, Alemania)].

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medidas repetidas fueron realizadas comparando los resultados a los diferentes diluyentes, los estados del proceso de crioconservación y la interacción de estos. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.1). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de $P \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Los resultados mostraron diferencia estadística MOT (47.0% vs 14%), MOP (43% vs 11%) y la MOR (25.0% vs 4%), fueron mayores en el semen diluido con LS 1% en comparación con el diluyente a base de LP, respectivamente ($P < 0.05$). Mientras que el porcentaje de MOLT (18.0% vs 8%), MOL (4.0% vs 3%) y EINM (53.0% vs 86%), no mostró diferencias estadísticas ($P > 0.05$). Estos resultados muestran que el uso del diluyente a base de LS al 1% es eficiente para preservar y mantener la calidad seminal del semen ovino refrigerado a 5°C por 48 h.

Los resultados del presente estudio muestran que el diluyente a base LS mantuvo la calidad de los espermatozoides durante el proceso de refrigeración por 36 h. Sin embargo, nuestros resultados son contrarios a los reportados por Salmani *et al.* (2013) quienes mencionan que la LS no es capaz de evitar la peroxidación lipídica que ocurre durante el proceso de enfriamiento del espermatozoide. Por otro parte, Konyak *et al.* (2018), encontraron una motilidad espermática significativamente menor, respecto al diluyente a base del 1% de LS.

Conclusiones.

Los resultados del presente estudio nos permiten concluir que el diluyente a base del 1% de lecitina de soya puede ser una alternativa potencial para preservar el semen ovino, refrigerado a 5°C por 36 h.

Referencias bibliográficas.

1. CONAGUA. 2015. Normales climatológicas por estación. Ciudad de México: Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>.
2. Konyak, P., Mandal, A., Mondal, M., Bhakat, C., Das, S. K., Rai, S., ... & Karunakaran, M. (2018). Preservation of black Bengal buck semen in soybean lecithin based chemically defined extender. Indian Journal of Animal Research, 52(8), 1151-1154
3. Lima-Verde, I. B., Johannesson, A., Ntallaris, T., Al-Essawe, E., Al-Kass, Z., Nongbua, T., ... & Morrell, J. M. (2018). Effect of freezing bull semen in two non- egg yolk extenders on post-thaw sperm quality. Reproduction in Domestic Animals, 53(1), 127-136.
4. Miguel-Jimenez, S., Del Alamo, M. M. R., Álvarez-Rodríguez, M., Hidalgo, C. O., Peña, A. I., Muñoz, R., ... & Mogas, T. (2020). In vitro assessment of egg yolk-, soya bean lecithin-and liposome-based extenders for cryopreservation of dairy bull semen. Animal reproduction science, 215, 106315.
5. Salmani, H., Nabi, M. M., Vaseghi-Dodaran, H., Rahman, M. B., Mohammadi- Sangcheshmeh, A., Shakeri, M., ... & Zhandi, M. (2013). Effect of glutathione in soybean lecithin-based semen extender on goat semen quality after freeze- thawing. Small ruminant research, 112(1-3), 123-127.

VIGILANCIA DEL VIRUS DE INFLUENZA PORCINA EN EL ESTADO DE JALISCO.

José Francisco Rivera-Benítez^{1*}, Jazmín De la Luz Armendáriz², Marta Macías García³, Suzel Guadalupe Saucedo-Cerecer⁴, Jorge Galindo Barboza¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. ³Investigadora independiente. ⁴Unión Regional de Porcicultores de Jalisco y Comité Estatal de Fomento a la Protección Pecuaria de Jalisco.

*Autor para correspondencia: rivera.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Influenza, vigilancia, epidemiología.

Introducción

La influenza es una enfermedad respiratoria aguda emergente y reemergente que afecta una gama amplia de aves y mamíferos, incluido el humano. Las principales epidemias y pandemias han sido asociadas con los virus de influenza tipo A, relacionados estrechamente con la influenza aviar y porcina. Los virus de influenza pertenecen a la familia *Orthomyxoviridae* y con base en la variabilidad antigenica de la nucleoproteína se dividen en cuatro tipos: A, B, C y D. El tipo A circula en un amplio número de especies, como: humanos, porcinos, equinos, mamíferos marinos y semiacuáticos, aves de corral y aves migratorias silvestres. Los tipos B y C se asocian principalmente con infecciones en humanos y el tipo D con infecciones en bovinos, caprinos y porcinos (1, 2, 3). Los virus de influenza comparten características estructurales como la presencia de una envoltura conformada por las glicoproteínas hemaglutinina (HA) y neuraminidasa (NA), que corresponden a los antígenos de superficie. Debido a que esta enfermedad es una zoonosis y por lo tanto de importancia en la salud pública, debe considerarse el diagnóstico temprano y oportuno del virus de influenza porcina. En los brotes típicos puede hacerse un diagnóstico presuntivo con base a los hallazgos clínicos y patológicos. Sin embargo, debe confirmarse obligatoriamente mediante aislamiento del virus o con la demostración de la presencia de anticuerpos específicos. Además, es recomendable efectuar el diagnóstico diferencial frente a otras infecciones respiratorias virales, con presentaciones clínicas similares (4). En México, los principales retos con la influenza porcina son el diagnóstico, la prevención y el control. Se ha identificado un importante efecto negativo en la producción porcina, impactando considerablemente en la economía del productor. La falta de pruebas diagnósticas actualizadas y adaptadas a la situación nacional, debido al desconocimiento de la circulación de las diferentes cepas virales, impide el desarrollo de inmunógenos adecuados para una región.

Objetivo

Aplicar una encuesta epidemiológica para la vigilancia de granjas porcinas comerciales, en el Estado de Jalisco, sospechosas a la infección con el virus de la influenza porcina.

Materiales y métodos

Muestras biológicas

Como parte del programa de vigilancia epidemiológica en el Estado de Jalisco, se realizaron encuestas a productores y se planificaron muestreos en granjas sin cuadros respiratorios activos, se colectaron 2600 sueros, 428 fluidos orales (FO) y 21 hisopados nasales (HN) de 107 granjas del Estado de Jalisco. Las muestras de suero fueron analizadas mediante inhibición de la hemaglutinación (IHA) para los subtipos H1N1 y H3N2, las muestras de FO y HN por RT-PCR en tiempo real.

Las unidades de producción se consideraron por región de acuerdo a la clasificación del Grupo Estatal de Vigilancia Epidemiológica (GEVE), el cual considera una regionalización de acuerdo a lo siguiente:

Región A: corresponde a las regiones norte y este, en donde existe una menor densidad de población porcina.

Región B1: Zona de los Altos Norte.

Región B2: zona de los Altos más densamente poblada.

Región B3: zona de los Altos de baja densidad poblacional.

Identificación viral

Extracción del ARN y RT-PCR en tiempo real

Las muestras de FO y HN fueron sometidas a la extracción del material genético, el procedimiento se realizó con el QIAmp Viral Mini Kit (QIAGEN), posteriormente a la cuantificación molecular, se efectuó con una RT-PCR en tiempo real dirigida a la detección del gen M del virus de influenza porcina mediante el kit TaqMan Fast Virus 1-step Master Mix (ThermoFisher Scientific).

Pruebas serológicas

Prueba de inhibición de la hemoaglutinación (IH)

La subtipificación antigénica se llevó a cabo por medio de la prueba de inhibición de la hemoaglutinación (IH) empleando lotes virales previamente (H1N1 y H3N2). La prueba de IH se realizó con diluciones dobles seriadas del suero comenzando 1:20 y finalizando en la dilución 1:5,120, se emplearon ocho unidades hemoaglutinantes de cada cepa viral. Los sueros se consideraron como suero positivo a la presencia de anticuerpos específicos en contra del subtipo viral analizado, en todos aquellos pozos en donde se observó sedimentación de glóbulos rojos y los sueros negativos serán aquellos pozos en los que se identifique hemoaglutinación. El punto de corte fue a partir de la dilución 1:80 y hasta 1:5,120, las cuales fueron consideradas como positivas.

Resultados

Se detectó 100% de seropositividad en las granjas analizadas, con diferente porcentaje de presentación de acuerdo al título de anticuerpos (Cuadro 1). Se identificó un 43.9% para H1N1 y 44.63% para H3N2. La mayor cantidad de títulos se encuentra distribuida en la clasificación de títulos bajos, lo que podría expresar una exposición previa antigua o anticuerpos derivados de inmunización.

En relación a la detección molecular, de la totalidad de las granjas analizadas (107), se presentaron 13 casos positivos ubicados en 10 granjas (9.34%), los valores de Ct en promedio de los casos positivos fue de 29.81 ± 3.21 .

Cuadro 1. Distribución porcentual de los títulos de anticuerpos por subtipo viral,

Título	Subtipo	
	H1N1	H3N2
Negativos	31.6	18.5
20	9.8	11.4
40	14.7	25.5
80	16.6	23.1
160	13.8	10.4
320	8.0	6.2
640	3.4	3.0
1280	1.5	1.1
2560	0.7	0.8
Total %	100	100

Discusión

La información obtenida en el muestreo de vigilancia, demuestra la presencia de anticuerpos contra el virus de influenza en las muestras analizadas, en las 107 granjas incluidas en el presente estudio. La detección de 13 muestras positivas a la prueba molecular, en 10 granjas en donde los cerdos no presentaban signos clínicos, está asociada al inicio de la infección viral, en el momento del muestreo, el porcentaje de positividad fue del 9%. Considerando la totalidad de las granjas comerciales del estado (1,117), se tuvo una cobertura del 9.57% de la población porcina. El estado es el principal productor de cerdo a nivel nacional y mantiene esta importante actividad como un pilar de la economía estatal. La vigilancia de los diferentes subtipos de influenza porcina refleja la necesidad de realizar estudios exhaustivos en torno a la prevalencia, circulación por estación climatológica, entre otras. Con la información obtenida se plantean

desarrollos tecnológicos asociados a pruebas de diagnóstico adaptadas a las necesidades reales, partiendo de la obtención de cepas mexicanas que sean referente en los laboratorios regionales.

Conclusiones

Se identificaron casos positivos al virus de influenza porcina, los seroperfiles realizados permitieron ubicar la distribución de títulos de anticuerpos. Con la información generada se continúan con proyectos que buscan desarrollar pruebas de diagnóstico y biológicos adaptados a las necesidades regionales, en este caso el estado de Jalisco.

Fuente financiadora

Proyecto Recursos Fiscales INIFAP. SIGI No. 7285536076.

Referencias bibliográficas

1. Ma, W., Lager, K. M., Vincent, A. L., Janke, B. H., Gramer, M. R., & Richt, J. A. (2009). The role of swine in the generation of novel influenza viruses. *Zoonoses and public health*, 56(6-7), 326–337. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2008.01217.x>
2. Yoon, S. W., Webby, R. J., & Webster, R. G. (2014). Evolution and ecology of influenza A viruses. *Current topics in microbiology and immunology*, 385, 359–375. https://doi.org/10.1007/82_2014_396
3. Ma W. (2020). Swine influenza virus: Current status and challenge. *Virus research*, 288, 198118. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198118>
4. Janke B. H. (2014). Influenza A virus infections in swine: pathogenesis and diagnosis. *Veterinary pathology*, 51(2), 410–426. <https://doi.org/10.1177/0300985813513043>

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE HARINA DE NOPAL MORADO SILVESTRE (*Opuntia macrocentra*) PRODUCIDO EN CHIHUAHUA.

Yazmin Daniela Avila-Gutierrez¹, Alexandro Guevara-Aguilar², Daniel Triana-Anzures¹, Celia Chávez-Mendoza^{2*}

¹Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. KM. 2.5 Carretera Delicias a Rosales, Campus Delicias. Delicias Chihuahua, México.

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Subsede Delicias. Avenida cuarta Sur # 3820. Fraccionamiento Vencedores del Desierto, Delicias Chihuahua, México. C.P. 33089.

*Autor para correspondencia: celia.chavez@ciad.mx

Palabras clave: *Opuntia macrocentra*, nopal, compuestos bioactivos, Chihuahua.

Introducción

El nopal no solo tiene un valor alimenticio y socioeconómico en México, también tiene un simbolismo histórico y cultural. Su consumo como verdura a nivel nacional es de 6.4 kg por habitante, el cual se ha popularizado por sus múltiples propiedades y usos (Reyes-Terrazas *et al.*, 2023). El aprovechamiento de este cultivo en México es superior al de cualquier otro país en el mundo (Mendoza *et al.*, 2014); México es el primer productor de este vegetal a nivel mundial, con un 36% de la producción total. Así mismo, a nivel nacional la producción ha ido en aumento, esta pasó de 174,630 t en 1990 a 872,334 para el año 2022, siendo los principales estados productores Morelos, Ciudad de México, estado de México, Puebla e Hidalgo (SIAP, 2020). Desde el punto de vista ecológico las especies de nopal son elementos dominantes de la flora natural que se encuentra especialmente en los desiertos de Chihuahua y Sonora. Son plantas que ayudan a mantener el equilibrio ecológico y contribuyen a la regeneración y estabilidad del suelo y son la principal defensa para que el campo no se convierta en desierto (Cruz y Miranda, 2022). Es una planta rústica, que por sus características fisiológicas puede cultivarse a bajo costo (Blanco *et al.*, 2006). Sus características nutracéuticas han despertado interés en mercados desde europeos hasta asiáticos pues son beneficiosos para el tratamiento de diversos padecimientos y además son fuente de vitamina C, minerales y fibra soluble e insoluble (Peña-Valdivia *et al.*, 2012). De las más de 300 especies del género *Opuntia*, únicamente de 10 a 12 de ellas han sido aprovechadas por el hombre. Su uso es principalmente para alimentación, tanto su fruto como cladodios; otras aplicaciones son como forraje e industrialmente en la obtención de alcohol, colorantes (cochinilla), jabón, pectinas y aceites. En la actualidad los nopales son parte del entorno natural y de los sistemas agrícolas y se considera que *Opuntia ficus-indica* es la cactácea de mayor valor económico en el mundo (ICARDIA Y FAO, 2018). Sin embargo, existe muy escasa información disponible sobre la especie *O. macrocentra*, la cual es fuente de compuestos antioxidantes como las betalaínas responsables de la coloración morada de sus cladodios (Manzanares-Tenorio *et al.*, 2022).

Objetivo

Determinar la capacidad antioxidant y el contenido de compuestos bioactivos de harina de nopal morado silvestre (*Opuntia macrocentra*) producido en la región centro-sur del estado de chihuahua.

Materiales y métodos

Los cladodios de nopal morado (*Opuntia macrocentra*) silvestre se obtuvieron de las “Granjas Familiares El Valle”, ubicadas en el municipio de Rosales, Chihuahua, México (28°09'59" N 105°36'49" W). Para la cosecha se tomaron al azar siete pencas de cuatro plantas diferentes con alturas de entre 75 y 120 cm, de las cuales se seleccionaron 26 cladodios para su análisis. El material se limpió y se cortó en trozos de 6 a 7 cm de ancho y se deshidrató en una estufa convencional marca Shel Lab durante 5 d a una temperatura de 50°C. Despues se molío en un procesador de alimentos hasta obtener un polvo fino (harina), finalmente, el material deshidratado se guardó por triplicado en bolsas de muestreo microbiológico etiquetadas y selladas para su posterior análisis. De la harina se obtuvo el contenido de vitamina C mediante el método yodométrico de acuerdo con Sohel-Chowdhury *et al.* (2016) con algunas modificaciones. Para la determinación se utilizó una solución de yodo (0.005% mol), solución indicadora de almidón (0.5%) y solución estándar de vitamina C. Los flavonoides totales se obtuvieron mediante el método colorimétrico del cloruro de aluminio, utilizando un estándar de quercetina para su cuantificación. Los fenoles totales se

determinaron por espectrofotometría según Ornelas-Paz *et al.* (2010), con algunas adaptaciones, y la capacidad antioxidante se obtuvo según el método descrito por Pagani *et al.* (2014) utilizando el radical 2,2-Difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). Los datos se analizaron con el procedimiento univariado del paquete estadístico SAS.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta el contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante obtenida en harina de nopal morado *O. macrocentra* obtenida en el municipio de Rosales Chihuahua, México. El contenido de vitamina C fue de 1.2850 ± 0.1323 mg de ácido ascórbico /100 g ms. Estos resultados fueron muy inferiores a los obtenidos por Guzmán y Chávez (2007) en cladodios de nopal fresco *Opuntia ficus-indica*, de un mes y un año. Estos autores señalan que la mayoría de los brotes y semillas de cualquier planta concentran gran cantidad de vitaminas que van disminuyendo conforme ésta se desarrolla. Las diferencias observadas se atribuyen a la especie y al efecto del tratamiento térmico, el cual afecta a este compuesto según Ordóñez-Santos y Yoshioka-Tamayo (2012). Así mismo, el contenido de flavonoides en la harina de nopal morado fue de 6.5484 ± 0.8190 mg EQ/100 g, el cual es inferior al obtenido por Manzanares-Tenorio *et al.* (2022) en cladodios de nopal *Opuntia gosseliniana* frescos en su etapa de coloración morada. Las diferencias observadas se atribuyen a la especie, lugar de producción y a que el nopal estudiado por estos autores es cultivado, además, tuvo efecto el proceso de deshidratado según Muratore *et al.* (2008). En cuanto a los fenoles totales estos estuvieron presentes en una concentración de 1.9762 ± 0.0446 mg EAG/ g. Este resultado es menor al reportado por Manzanares-Tenorio *et al.* (2022) en cladodios de nopal *Opuntia gosseliniana* fresco en su etapa de maduración morada con 2.31 ± 0.05 mg EAG/ g. Las diferencias se atribuyen a la madurez, condiciones de cultivo, y las condiciones de almacenamiento en post-cosecha de acuerdo con Jaffery *et al.* (2003). Finalmente, la capacidad antioxidante obtenida fue de 0.6558 ± 0.2146 µmol ET/g. Este resultado es inferior al reportado por Manzanares-Tenorio *et al.* (2022) en extractos de cladodio frescos de nopal morado *Opuntia gosseliniana* cultivado en Sonora, el cual fue de 20.13 ± 0.15 , µmol ET/g, e igualmente las diferencias se atribuyen al deshidratado entre otros factores como la región de producción.

Cuadro 1. Compuestos bioactivos de harina de nopal morado (*Opuntia macrocentra*) producido en el municipio de Rosales Chihuahua

Compuesto	Media±DE	C.V.
Vitamina C (mg de ácido ascórbico /100 g)	1.2850 ± 0.1323	10.2991
Flavonoides totales (mg EQ/100 g)	6.5484 ± 0.8190	12.5069
Fenoles totales (mg EAG /g)	1.9762 ± 0.0446	2.2567
Capacidad Antioxidante (Mmol ET/g)	0.6558 ± 0.2146	32.7199

DE= Desviación estándar. CV= Coeficiente de variación. mg EQ/100 g= mg de Equivalente de Quercetina/ 100 g de muestra. mg EAG /g= mg de Equivalentes de Ácido gálico/ g de muestra. Mmol ET/g= Mmol de Equivalentes de Trolox/ g de muestra

Conclusiones

La harina de nopal morado *Opuntia macrocentra* producida en el municipio de Rosales Chihuahua, es fuente de Vitamina C, fenoles totales, flavonoides y tiene una buena capacidad antioxidante; por lo que, dado su valor nutricional puede ser un potencial ingrediente para la elaboración de alimentos funcionales o saludables, o bien para consumo directo, sin embargo, su calidad nutraceutica si es afectada por el tratamiento térmico del deshidratado.

Referencias bibliográficas

- Blanco, F.; Lara A.; Valdez R. D.; Cortés J. O.; Luna M. y Salas, L. M. A. 2006. Interacciones nutrimentales y norma de la técnica de nutrimiento compuesto en nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller). Rev. Chapingo Ser Horticult. 12:165-175.
- Cruz, E. I. R., Y Miranda, H. C. 2022. Nopal/tuna, mercado y territorio en México: un enfoque de capacidades. *Eutopía: Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (21), 100-123.
- Guzmán, L.D, Y Chávez. J. 2007. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. Revista de la Sociedad Química del Perú. 73(1):41-45.
- ICARDIA Y FAO. 2018. Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal". Science for resilience [en línea]. 77(14):119-127. https://agroavances.com/img/publicacion_documentos/I7628ES.pdf

5. Jaffery, E. H., Brown, A. F., Kurilich, A. C., Keek, A. S., Matusheski, N., & Klein, B. P. 2003. Variation in content of bioactive components in broccoli. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16:323–330.
6. Manzanarez-Tenorio, L. E., Ruiz-Cruz, S., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Márquez-Ríos, E., Del Toro-Sánchez, C. L., & Suárez-Jiménez, G. M. 2022. Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y contenido de fenoles y flavonoides totales de nopal morado (*Opuntia gosseliniana*) en dos etapas de coloración. *Bioteecnia*. 24(3):101-106.
7. Mendoza, B., Gómez, E., Hernández, E., Rodríguez, A. y Chavarría, N. (2014). Capítulo 14. Elaboración y caracterización de películas biodegradables a partir de mucilago de nopal-caseinato de sodio y mucilago de nopal-pectina. En: Ciencias Agropecuarias, Handbook TII. Editores Ramos m y Aguilera V). Editorial ECORFAN. Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. p 129-136.
8. Muratore, G., Rizzo, V., Licciardello, F. y Maccarone, E. 2008. Partial dehydration of cherrymato at different temperature, and nutritional quality of the products. *Food Chemistry*, 111(4):887-891
9. Ordóñez-Santos LE, Yoshioka-Tamayo LS. 2012. Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica L.*). *Vitae*. 19(1):81-83.
10. Ornelas-Paz, J., Martínez-Burrola, J. M., Ruiz-Cruz, S., Santana-Rodríguez, V., Ibarra-Junquera, V., Olivas, G. I., & Pérez-Martínez, J. D. 2010. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. *Food Chemistry*, 119(4), 1619-1625.
11. Pagani, A. A. C., de Souza, A. L. G., Souza, D. S., Batista, R. A., Xavier, A. C. R., & Pagani, G. D. (2014). Quantification of bioactive compounds of pink pepper (*Schinus Terebinthifolius*, Radii). *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. 4:37-41.
12. Peña-Valdivia, C. B., C. Trejo L, V. B. Arroyo-Peña, A. Sánchez U., and R. Balois M. 2012. Diversity of unavailable polysaccharides and dietary fiber in domesticated nopalito and cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Chem. Biodivers.* 9: 1599-1610.
13. Reyes-Terrazas, A. S. Flores-Sánchez, D., Navarro-Garza, H., Pérez-Olvera, M.A, Almaguer-Vargas, G. (2023). Características y retos del sistema de cultivo nopal verdura en Cuautlancingo, Otumba. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 14(2):211-222.
14. SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Estadísticas Agroalimentarias y Pesqueras. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/estadisticas-agroalimentarias-y-pesqueras-2022>.
15. Sohel-Chowdhury, M., Akib-Ahmed, M., & Hoque, R. 2016. Determination of amount of Vitamin C (Ascorbic Acid) from supplied Drug by using Iodometric titration. Department of Pharmacy, International Islamic University Chittagong. 8 p.
[https://www.researchgate.net/publication/297438049 Determination of amount of Vitamin C Ascorbic Acid from supplied commercial tablets by using Iodometric titration](https://www.researchgate.net/publication/297438049_Determination_of_amount_of_Vitamin_C_Ascorbic_Acid_from_supplied_commercial_tablets_by_using_Iodometric_titration)

CULTIVO *IN VITRO* DEL AISLADO MEX-28-037-01 DE *Anaplasma marginale* EN CÉLULAS EMBRIONARIAS DE GARRAPATA.

Mayra Cobaxin Cárdenas*, Elizabeth Salinas Estrella, Itzel Amaro Estrada, Raquel Cossío Bayúgar y Sergio Darío Rodríguez Camarillo.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad sede Jiutepec, Morelos.

*Autor para correspondencia: mayracobaxin@gmail.com

Palabras clave: *Anaplasma marginale*, Anaplasmosis bovina, *Rhipicephalus microplus*

Introducción

La anaplasmosis bovina, causada por la bacteria intraeritrocítica *Anaplasma marginale*, es una enfermedad transmitida por garrapatas que puede ocasionar anemia, pérdida de peso, fiebre, aborto e incluso la muerte de los bovinos. La anaplasmosis puede generar pérdidas económicas significativas para la industria ganadera debido a la disminución en la producción de leche y carne como consecuencia de la enfermedad. Actualmente en México no se cuenta con una vacuna comercial que prevenga la anaplasmosis y aunque en muchos países se utilizan vacunas vivas para su control, su uso conlleva el riesgo de contaminación con otros patógenos (Rogers et al., 1988), debido a que se utilizan eritrocitos infectados con *A. marginale* como fuente de antígeno. Una alternativa a los antígenos derivados de eritrocitos, es el uso de antígenos obtenidos de cultivos celulares para la obtención de antígenos con potencial vacunal (Hammac et al., 2013), para su uso en experimentación y en el diagnóstico de la anaplasmosis bovina. Los cultivos celulares tienen la ventaja de proveer condiciones controladas para la propagación de la bacteria *in vitro*.

Las células embrionarias de garrapata (Rm-sus) se derivan de embriones de la garrapata (*Rhipicephalus microplus*) y junto con el aislado Mex-28-037-01 de *A. marginale* forman parte del banco de germoplasma del CENID-SAI sede Jiutepec.

Objetivo

Cultivar del aislado Mex-28-037-01 de *A. marginale* en células embrionarias de garrapata Rm-sus.

Materiales y métodos

Cultivo de células embrionarias de garrapata Rm-sus.

El cultivo de las células embrionaria de garrapata se realizó utilizando la metodología descrita anteriormente (Cobaxin et al., 2019). Brevemente, se utilizaron frascos de cultivo de 25 cm² (Corning) con un volumen de 5 ml de un medio compuesto por medio Leibovitz's-MEM (1:1), suplementado con 10% caldo triptosa fosfato, 20% suero fetal bovino y antibióticos (penicilina 100 U/mL estreptomicina 100 µg/mL). Los cultivos se mantuvieron a 32°C, con una atmósfera de 5% CO₂ y con cambio de medio dos veces por semana.

Obtención del aislado Mex-28-037-01 de *A. marginale*.

El aislado MEX-28-037-01 de *A. marginale* se obtuvo de un bovino infectado en campo proveniente del municipio de Soto la Marina, Tamaulipas (Jiménez Ocampo 2012) y se mantuvo en criopreservación en nitrógeno líquido a -196 °C hasta su uso. Para la obtención de sangre infectada se utilizó un bovino macho (*Bos taurus*) de 22 meses de edad libre de garrapatas y de anticuerpos contra tuberculosis y brucelosis. El animal fue esplenectomizado e inoculado con el aislado, cuando se alcanzó el porcentaje óptimo de eritrocitos infectados se colectó sangre infectada por punción en la vena yugular y fue procesada como se describió anteriormente (Blouin et al., 2000). El material se criopreservó en nitrógeno líquido usando Polivinil-pirrolidona como crioprotector; estos criosobilados se utilizaron para infectar las células Rm-sus.

Inoculación de células Rm-sus con el aislado Mex-28-037-01 de *A. marginale*.

Monocapas confluentes de células de garrapata fueron inoculadas con los criostabilizados después de un procedimiento de descongelación rápida por inmersión en un baño maría a 37°C, el contenido del vial se centrifugó a 10,000 x g, durante 20 minutos y la pastilla resultante se resuspendió en medio de cultivo adicionado con 0.1% de NaHCO₃ y 10 mM HEPES (Sigma). La suspensión resultante fue utilizada como inóculo. El primer cambio de medio se realizó a las 24 horas para retirar el inóculo y los cambios de medio subsiguientes se realizaron cada 7 días.

Monitoreo de la infección.

Los cultivos se monitorearon diariamente por la examinación bajo un microscopio invertido con contraste de fases (OLYMPUS CKX41) con el objetivo de 40X. Se tomaron muestras de células periódicamente para realizar improntas que fueron teñidas con Giemsa, las cuales se analizaron en un microscopio de luz convencional (VELAB® VE-BC1) bajo el objetivo de inmersión en aceite. Las imágenes fueron obtenidas y analizadas con el software del microscopio (software VE-MC3).

Extracción de DNA genómico y amplificación por PCR.

La extracción de DNA genómico de las células Rm-sus infectadas, no infectadas (control negativo) y de eritrocitos infectados con *A. marginale* Mex-28-037-01 (control positivo) se realizó con el kit comercial DNeasy Blood & Tissue Handbook, QIAGEN, de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Para corroborar la infección, se realizó la amplificación del fragmento variable del gen *msp1α* de *A. marginale* por PCR utilizando los oligonucleótidos sentido 5'-GTGCTTATGGCAGACATTCC-3' y antisentido 5'-CTCAACACTCGAACCTTGG-3' a una concentración de 10mM y como templado una 300ng del DNA correspondiente, con el siguiente protocolo de amplificación: desnaturación inicial a 94° C por 5 minutos, seguidos de 35 ciclos: desnaturación a 94° C por 30 segundos, hibridación a 56° C por 45 segundos, extensión a 72° C por 45 segundos y un ciclo de extensión final a 72° C por 10 minutos. El producto de PCR se sometió a una electroforesis en geles de agarosa al 1 % (p/v) y se tiñó con SYBR Green para la visualización de los fragmentos amplificados.

Resultados y discusión

La microscopía óptica de las improntas de células Rm-sus reveló las primeras inclusiones del aislado MEX-28-037-01 a partir del día 2 post-inoculación (pi) (Fig.1B, cabezas de flecha). Estas inclusiones que son características de la bacteria, fueron más visibles a partir del día 6 pi ya que incrementaron su tamaño formando colonias como parte del desarrollo de la bacteria (Fig.1C, cabezas de flecha). El orden del desarrollo de las colonias del aislado MEX-28-037-01 siguió el mismo patrón observado en Rm-sus infectadas con la cepa MEX-31-09 (Cobaxin et al., 2019). Para el día 16 pi el 66% de las células se observaron infectadas y la mayoría presentó lisis celular (Fig.1D, cabezas de flecha).

Por otra parte, el resultado de la amplificación del gen *msp1α* por PCR confirmó la presencia de la bacteria en los cultivos. No obstante, después del tercer subcultivo ya no fue posible detectar las inclusiones de *A. marginale* mediante microscopía óptica y la amplificación del gen *msp1α* de *A. marginale* por PCR fue negativa (Datos no mostrados).

Conclusiones

Aunque el cultivo *in vitro* del aislado Mex-28-037-01 de *A. marginale* se mantuvo por tiempo limitado, la bacteria fue capaz de infectar y multiplicarse dentro de las células Rm-sus formando pequeñas colonias. El cultivo se mantuvo solo durante tres pasos continuos, por lo que será necesario explorar otras condiciones de cultivo que favorezcan el cultivo continuo de este aislado. Estos resultados forman parte de caracterización del aislado Mex-28-037-01 de *A. marginale*.

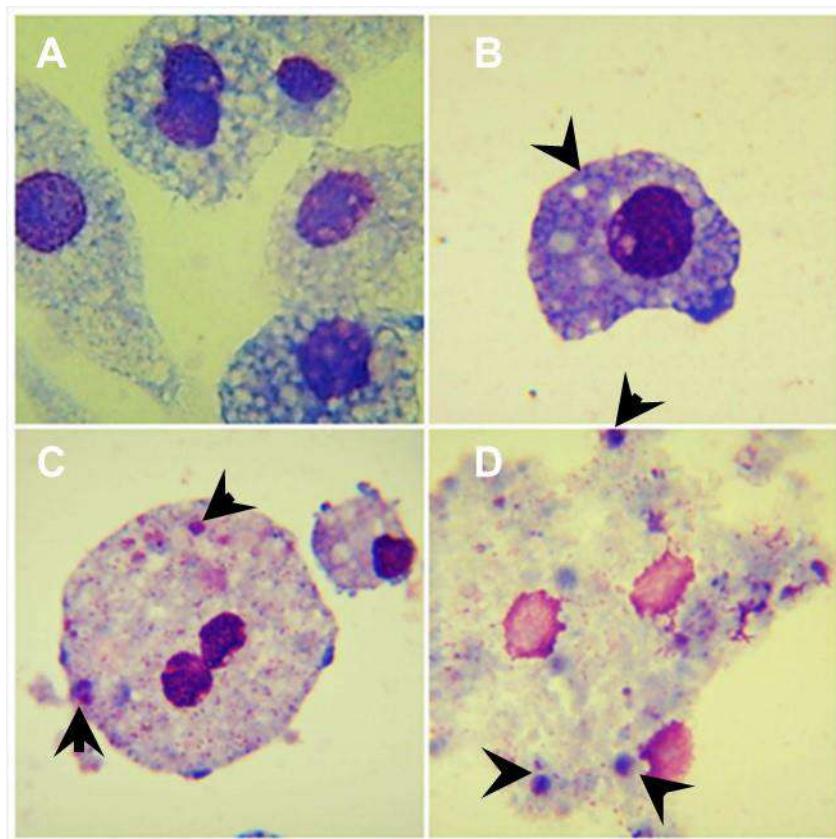


Figura 1. Microfotografías de células Rm-Sus infectadas con el aislado Mex-28-037-01 de *A. marginale* teñidas con Giemsa.
(A) Células Rm-sus no infectadas, (B) Células Rm-sus infectadas al día 2 pi. Se observan pequeñas inclusiones de *A. marginale* señaladas con cabezas de flecha. (C) Célula Rm-sus al día 6 pi. Las inclusiones (colonias) de *A. marginale* incrementan su tamaño y número, (D) Célula Rm-sus al día 16 pi. Magnificación de 1000x.

Reconocimientos y/o Fuente financiadora

Proyecto financiado con fondos fiscales INIFAP, No. SIGI: 13341734501.

Referencias bibliográficas

1. Blouin, E. F., Barbet, A. F., Yi, J., Kocan, K. M., & Saliki, J. T. (2000). Establishment and characterization of an Oklahoma isolate of *Anaplasma marginale* in cultured *Ixodes scapularis* cells. *Veterinary parasitology*, 87(4), 301-313.
2. Cobaxin-Cárdenas, M. E., Díaz, H. A., Avelino, P. O., Salinas-Estrella, E., Preciado-de la Torre, J. F., Quiroz-Castañeda, R. E., ... & Rodríguez-Camarillo, S. (2019). Primer abordaje para la propagación de *Anaplasma marginale* (MEX-31-096) en células de garrapata Rm-sus. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, 13(51), 67-80.
3. Hammac, G.K., Pei-Shin, K., Galletti, M.F., Noh, S., Scoles, G.A., Palmer, G.H., Brayton, K.A., 2013. Protective immunity induced by immunization with a live, cultured *Anaplasma marginale* strain. *Vaccine* 31, 3617–3622.
4. Jiménez Ocampo, R., Vega y Murguía, C. A., Oviedo Ortega, N., Rojas Ramírez, E. E., García Ortiz, M. Á., Preciado de la Torre, J. F., ... & Rodríguez Camarillo, S. D. (2012). Diversidad genética de la región variable de los genes msp1a y msp4 en cepas de *Anaplasma marginale* de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(3), 373-386.
5. Rogers, R. J., Dimmock, C. K., De Vos, A. J., & Rodwell, B. J. (1988). Bovine leucosis virus contamination of a vaccine produced *in vivo* against bovine babesiosis and anaplasmosis. *Australian veterinary journal*, 65(9), 285-287.



3

Endocrinología y reproducción

“EL NEGRO TAMBIÉN ES MÍO” / Rubén Santos Echeverría



LIX REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA

IMPORTANCIA DE LAS RELACIONES SOCIALES EN EL INICIO DE LA PUBERTAD EN HEMBRAS CAPRINAS.

Ilda Graciela Fernández-García^{1*}, José Alfredo Flores-Cabrera¹, Gerardo Duarte-Moreno¹, Raúl Ulloa-Arvizu², Horacio Hernández-Hernández¹

¹Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Periférico Raúl López Sánchez, 27054, Torreón, Coahuila, México; ²Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria 04510. México.

*Autor para correspondencia: igrafega@gmail.com

Palabras clave: Primera ovulación, caprinos, estrés social.

Introducción

En hembras ovinas y caprinas, el inicio de la pubertad se debe a la activación del eje hipotálamo-pituitaria-gónadas (Ebling, 2005). Sin embargo, algunos factores pueden contribuir a que se presente dicho evento, entre ellos se mencionan al fotoperíodo, estación de nacimiento, presencia de machos sexualmente activos y el ambiente social (Chasles et al., 2018). Por ejemplo, en grupos de hembras caprinas que han tenido contacto con el macho cabrío adelantan el inicio de la pubertad (Espinoza-Flores et al., 2020). En cambio, los animales criados en aislamiento social retrasan el inicio de sus actividades sexuales (Kercmar et al., 2014). Como los caprinos son animales sociales, cualquier alteración en las condiciones de alojamiento en su crianza puede afectar su comportamiento social y sexual.

Objetivo

Determinar si las hembras caprinas criadas en grupo social adelantan el inicio de la pubertad comparadas con las hembras caprinas criadas en aislamiento social.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la Comarca Lagunera de Coahuila, México. La Comarca Lagunera se ubica en el desierto Chihuahuense. El experimento se ubicó en el ejido Ricardo Flores Magón, que se encuentra a una latitud de 26° 23'N, longitud de 104° 47'W, con una altitud de 1100 msnm. En esta región el clima predominante es semiárido de acuerdo a la clasificación Köppen: BS₀. La Comarca Lagunera se caracteriza por tener un clima extremo.

Descripción de los grupos experimentales

Se utilizaron hembras caprinas que nacieron en diciembre. Las hembras fueron destetadas a los 40 días de edad y el peso corporal registrado fue de 7.4 ± 0.3 kg (media ± eem). Posteriormente las hembras fueron asignadas a dos grupos. En el primer grupo estuvo conformado por 10 hembras y fueron alojadas en un corral. De esta manera las hembras tuvieron contacto total entre ellas, donde podían tocarse, olerse, verse y escucharse. El siguiente grupo de 10 hembras, cada hembra fue alojada en un corral individual. Entonces estas hembras solo podían percibir el olor de su compañera del corral contiguo, además la podía escuchar de manera restringida. A estas hembras no se les permitió verse ni tocarse, ya que cada corral contiguo fue separado con madera sólida. Los dos grupos de hembras estuvieron separados por aproximadamente 250 m para evitar comunicación entre los grupos experimentales. Las hembras fueron alimentadas con alfalfa henificada *ad libitum* (21% de proteína cruda, 1.95 Mcal/kg de energía metabolizable) y con 200 gr de concentrado comercial (18% de proteína cruda 2.05 Mcal/kg de energía metabolizable) para completar sus requerimientos nutricionales. Además, las hembras recibieron sales minerales y agua *ad libitum*.

Muestreo sanguíneo para determinar progesterona plasmática

Las muestras sanguíneas se tomaron del 31 de julio hasta el 01 de enero del siguiente año, semanalmente. Cada muestra sanguínea se tomó mediante punción de la vena yugular. Se tomaron 5 ml de sangre y se depositaron en un tubo de ensayo de plástico contenido 30 µL de heparina sódica. Posteriormente las muestras sanguíneas se centrifugaron a 3500 rpm durante 30 minutos. El plasma sanguíneo se almacenó a -15° C hasta que se llevaron a cabo las determinaciones hormonales. Las concentraciones de

progesterona plasmática se determinaron mediante la técnica de ensayo de inmunoadsorción ligado a enzima (ELISA).

Variables evaluadas

El criterio utilizado para determinar el inicio de la pubertad fue cuando ocurrió la primera ovulación. La cual fue detectada cuando la concentración de progesterona plasmática fue ≥ 1 ng/mL en al menos en dos muestreos sanguíneos consecutivos.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un diseño longitudinal para determinar los porcentajes acumulativos de las hembras que iniciaron la pubertad. Para ello se utilizó el procedimiento Kaplan-Meier para estimar el tiempo de sobrevivencia y así determinar los días cuando ocurrió la primera ovulación. Se utilizó la prueba de LogRank para evaluar la igualdad de las distribuciones en el tiempo de sobrevivencia en los dos grupos de hembras.

Resultados y Discusión

Los resultados muestran que las hembras que fueron criadas en grupo social iniciaron las ovulaciones el 25 de septiembre en el día 281 después de su nacimiento y finalizaron el 27 de noviembre en el día 344 después de su nacimiento ($P < 0.05$). En cambio, las hembras criadas en aislamiento social iniciaron a ovular el 23 de octubre en el día 309 después de su nacimiento y finalizaron en el día 372. Las medias (eem) al inicio de la pubertad en las hembras criadas como grupo social fue a los 342.2 ± 4.5 después de su nacimiento, mientras que en las hembras criadas en aislamiento social fue a los 360.8 ± 3.6 días. Los hallazgos obtenidos en el presente estudio muestran que las hembras alojadas en grupo social adelantaron el inicio de la pubertad, lo que indica un efecto positivo de la participación de las señales sensoriales que fueron expresadas y percibidas dentro del grupo social de hembras, dichas señales incluyeron la vista, el olfato, el tacto y el oído. Hecho que influyó en la activación del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Bronson, 1985). En cambio, las hembras que fueron alojadas en corral individual donde las señales sensoriales como el olfato y el oído fueron restringidas; además, que no permitió la vista y el contacto directo, el inicio de la pubertad se retrasó. Es probable que, debido a las condiciones experimentales del grupo aislado, estas hembras experimentaron estrés social y quizás se incrementó el cortisol como lo indican Hawkley et al. (2012). Estudios previos indican que el aislamiento social prolongado induce la presentación del estrés crónico. El estrés crónico es cuando el animal no logra recuperarse del estresor que lo afecta y es probable no logre su recuperación. Una de las principales consecuencias del estrés crónico y del cortisol elevado, es que se activó el eje hipotálamo-pituitaria adrenales, y éste afecta negativamente al eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, suprimiendo la respuesta a la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Entonces, las evidencias muestran que en las condiciones de aislamiento social en que se encontraban alojadas las hembras en los corrales individuales participaron en el retraso del inicio en la pubertad. Como se mencionó anteriormente, el inicio de la pubertad en hembras caprinas y ovinas se debe a la activación del eje hipotálamo-pituitaria-gónadas. Sin embargo, es muy probable que también influyó de manera negativa el eje hipotálamo-pituitaria-adrenales.

Conclusiones

Los presentes resultados permiten concluir que las hembras caprinas alojadas en grupo social adelantaron el inicio de la pubertad comparadas con las hembras caprinas alojadas en corral individual.

Agradecimientos

A Clara Murcia Mejía y José Gerardo Perera Marín del departamento de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México por llevar a cabo las determinaciones hormonales.

Referencias bibliográficas

1. Chasles, M., Chesneau, D., Moussu, C., Abecia, J.C., Delgadillo, J.A., Chemineau, P., Keller, M., 2018. Sexually active bucks are a critical social cue that activates the gonadotrope axis and early onset in does. *Horm. Behav.* 106, 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2018.10.004>
2. Ebling, F.J.P., 2005. The neuroendocrine timing of puberty. *Reproduction*. 129, 675–683. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00367>

3. Espinoza-Flores, L.A., Andrade-Esparza, J.D., Hernández, H., Zarazaga, L.A., Abecia, P., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A., 2020. Male effect using photostimulated bucks and nutricional supplementation advance puberty in goats under semi-extensive management. Theriogenology. 143, 82–97. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.12.005>
4. Hawley, L.C., Cole, S.W., Capitanio, J.P., Norman, G.J., Cacioppo, J.T., 2012. Effects of social isolation on glucocorticoid regulation in social mammals. Horm. Behav. 62, 314–323. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2012.05.011>
5. Kercmar, J., Tobet, S.A., Majdic, G., Social isolation during puberty affects female sexual behavior in ice. Front. Behav. Neurosci. 8, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00337>

DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES CIDR REUTILIZADOS CINCO VECES EN PROTOCOLO DE CINCO DÍAS PARA LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS EN OVEJAS.

¹Susana López-García, ¹María Teresa Sánchez-Torres Esqueda, ¹José Luis Cordero-Mora, ¹José Luis Figueroa-Velasco, ¹José Alfredo Martínez-Aispuro y ²Teódulo Salinas Ríos.

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

²Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, México.

*Autor para correspondencia: teresa@colpos.mx

Palabras clave: Reutilización, progesterona, gonadotropina coriónica equina.

Introducción

Los estudios de dinámica folicular realizados por medio de ultrasonografía a partir de los años 90 permitieron determinar el número de oleadas foliculares y los momentos de emergencia de cada una de ellas, de esta manera fue posible acortar los tratamientos a: 5 (Jackson et al., 2014), 6 (López-García et al., 2023) y 7 días (Martínez-Ros et al., 2018). El uso de protocolos cortos es una oportunidad para reutilizar los CIDR después de un adecuado lavado y desinfección dentro de un mismo rebaño libre de enfermedades, reducir el tiempo de exposición a P4 en ovejas, y a la vez disminuir costos.

Objetivo

Comparar la respuesta reproductiva y concentraciones de progesterona (P4) en suero sanguíneo de ovejas sincronizadas con CIDR nuevos o reutilizados hasta por quinta ocasión en protocolos de 5 días.

Materiales y métodos

Todos los procedimientos experimentales fueron aprobados por el comité institucional de Bienestar Animal del Colegio de Postgraduados con el protocolo de investigación (COBIAN/010/23) previo al inicio del experimento realizado en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. Se usó un total de 125 ovejas Dorset × Katahdin, multíparas no gestantes, en confinamiento, con edades entre 2 a 4 años, peso de 58 ± 4 kg y condición corporal de 3 en escala de 1 a 5. La sincronización de estros se realizó en época reproductiva (agosto a octubre). Se asignaron al azar en 5 tratamientos: CIDR1 testigo (Dispositivos intravaginales CIDR nuevos durante 5 días), CIDR2, CIDR3, CIDR4 y (n=21) CIDR5 (dispositivos de segundo, tercero, cuarto y quinto uso respectivamente). La sincronización de estros constó en un protocolo de 5 días con dispositivos intravaginales con 0.3 g de P4 (CIDR 330 sheep y goat insert®, Zoetis) nuevos o reutilizados, al momento del retiro de los dispositivos, se aplicaron 125 µg de cloprostenol sódico (Celosil®) y 200 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) Gonactive®.

Las variables que se midieron fueron: Porcentaje de estros (Porcentaje de ovejas que presentaron estro desde las 24 a las 72 h después del retiro de los dispositivos), inicio de estro (se determinó tomando en cuenta el tiempo transcurrido entre el retiro del CIDR y la primera conducta estral), retorno a estro (porcentaje de ovejas que presentaron estro 14 a 17 días después del empadre), porcentaje de gestación (obtenido 30 días después del último día del empadre por medio de ecografía; equipo CHISON 6 y un transductor transrectal a una frecuencia de 7.5 MHZ.), índice de prolificidad (Número de corderos nacidos/ ovejas paridas). Se tomaron 12 muestras de sangre de 10 ovejas por tratamiento (d0, d2 y d5 del protocolo de sincronización; d6, d7 y d9 de los días de empadre; d11, d13, d15, d17, d19 y d21 del desarrollo del cuerpo lúteo) para determinar concentraciones séricas de P4 (mediante ELISA con kits comerciales (DRG® Progesterone ELISA), la sensibilidad analítica fue de 0.045 ng/ml, los coeficientes de variación intra e interensayo fueron del 7 y 9 % respectivamente.

Las variables: Porcentajes de estro, gestación y partos se analizaron con la prueba exacta de Fisher. Las variables: inicio de estro y prolificidad se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis. La curva de concentración de P4 se analizó con un modelo mixto MIXED. Los efectos principales del modelo fueron el tratamiento, el tiempo y la interacción entre ellos. Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC), considerando en todos los análisis un valor de $P < 0.05$, como significancia estadística.

Resultados

El 96% de las ovejas presentaron estro sin diferencia entre tratamientos ($P>0.05$). En CIDR1 los estros iniciaron 6 horas más tarde respecto a los demás tratamientos concentrándose de las 30 a 48 h (Figura 1). Los promedios de los tratamientos con mejor comportamiento fueron en orden: CIDR2 (31 ± 10 h), CIDR3 (33 ± 7 h) y CIDR5 (34 ± 7 h), con un menor intervalo a estro ($P<0.05$) respecto a CIDR4 (38 ± 10 h) y CIDR1 (42 ± 10 h).

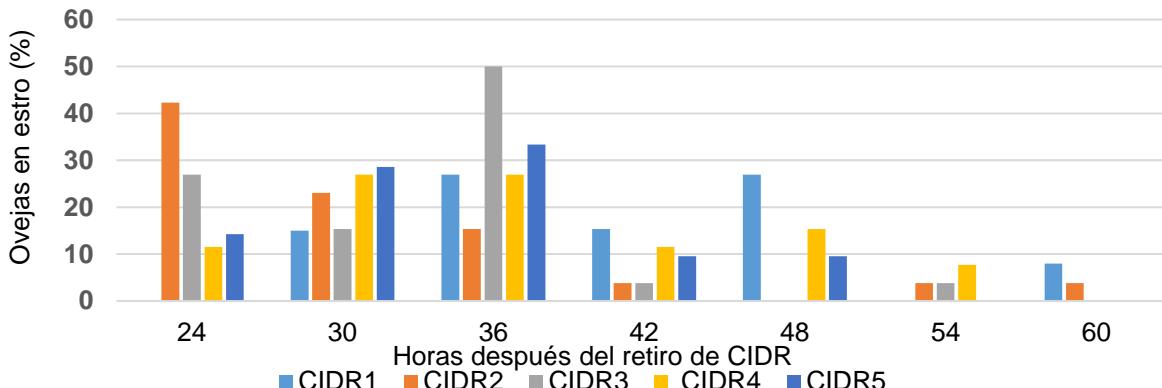


Figura 1. Distribución del inicio de estro, porcentajes de ovejas tratadas con CIDR nuevos, segundo, tercero, cuarto y quinto uso a partir de las 24 horas posteriores al retiro de los CIDR.

En cuanto a las variables; porcentaje de estros, retorno a estro, gestación e índice de prolificidad no se obtuvo diferencia entre tratamientos ($P>0.05$). Los porcentajes de respuesta a estro fueron mayores al 90 % en los cinco tratamientos, sin embargo, se obtuvieron altos porcentajes de retorno a estro (del 8 al 38 %) que afectaron los porcentajes de gestación. El promedio de índice de prolificidad fue de 1.3 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables reproductivas en ovejas tratadas con CIDR nuevos, segundo, tercero, cuarto o quinto uso

Tratamiento	Estros (%)	Variables		
		Retorno a estro (%)	Gestación (%)	Índice de prolificidad
CIDR1	92% (24/26)	8 % (2/26)	85% (22/26)	1.3
CIDR2	92 % (24/26)	8% (2/26)	85% (22/26)	1.2
CIDR3	100% (26/26)	19 % (5/26)	81% (21/26)	1.4
CIDR4	100% (26/26)	27% (7/26)	73% (19/26)	1.4
CIDR5	95% (20/21)	38% (8/21)	57% (12/21)	1.3
P	0.4221	0.1230	0.1037	0.6276

a,bDiferentes superíndices indican diferencias entre tratamientos ($P<0.05$).

La concentración sérica de P4 el día 0 (d0) previo a la inserción de CIDR fue de 1.9 ± 0.1 ng/ml en promedio, sin diferencia entre tratamientos ($P>0.05$). La diferencia más marcada se obtuvo el d5, correspondiente al muestreo tomado inmediatamente antes del retiro de los CIDR; presentando 6.7 ± 0.5 y 6.5 ± 0.4 ng/ml en los tratamientos con CIDR nuevos y de segundo uso, con diferencia ($P<0.05$) respecto a los tratamientos de tercer y cuarto uso (4.4 ± 0.6 y 4.0 ± 0.2 ng/ml) que, a su vez, fueron superiores ($P<0.05$) al tratamiento con dispositivos de quinto uso (2.8 ± 0.5 ng/ml).

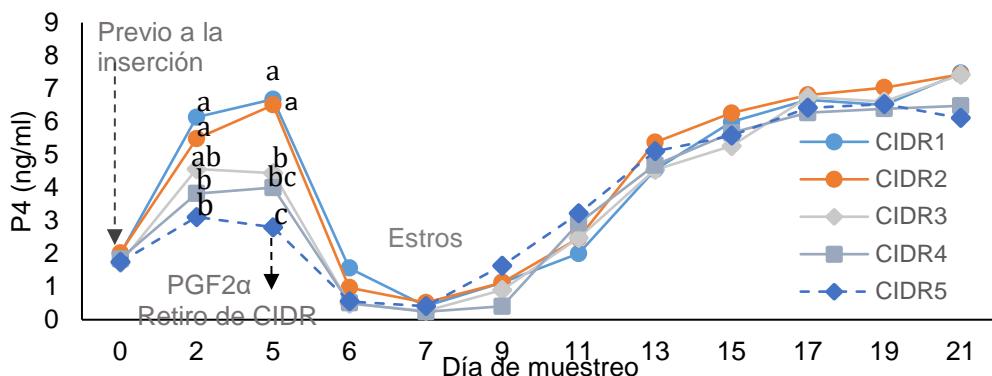


Figura 2. Concentración sérica de P4 durante el protocolo de sincronización, periodo de estros y desarrollo del cuerpo lúteo. a,b Diferentes literales indican diferencias entre tratamientos ($P<0.05$).

Discusión

El uso de CIDR por períodos de 5 días es suficiente para una sincronización exitosa del estro en ovejas y no difiere en resultados reproductivos respecto a los protocolos convencionales de 12 a 14 días (Gonzalez-Bulnes, 2019), de acuerdo con Skliarov et al. (2021), utilizar dispositivos CIDR, ya sea en protocolos cortos o largos, y utilizando o no eCG los porcentajes de estro son cercanos al 100%, lo anterior concuerda con los porcentajes obtenidos en el presente estudio. Los protocolos cortos de sincronización de estro basados en el uso de P4 mejoran los porcentajes de fertilidad, debido a que en estos hay una caída rápida de los niveles basales de progesterona exógena, además, la eCG favorece el crecimiento folicular y la secreción de estrógenos, asegurando las posibilidades de ovulación en un mayor porcentaje de animales. La disminución en la fertilidad era esperada, ya que los CIDR tienen menor contenido de P4 en cada reutilización; al quinto uso probablemente esta hormona fue suficiente para evitar el estro mientras permanecía intravaginalmente pero insuficiente para suprimir completamente la secreción de LH en las ovejas.

Conclusiones

Los protocolos de 5 días combinados con PGF2 α en el momento del retiro de los CIDR permiten su uso hasta por quinta vez sin afectar el porcentaje de presentación de estros, gestación e índice de prolificidad. Las concentraciones séricas de P4 disminuyen conforme aumenta el número de reutilizaciones de los CIDR. Aunque se obtiene un alto porcentaje de estros hasta el quinto uso, la fertilidad disminuye, por consiguiente, aumentan los porcentajes de retorno a estro.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores agradecen al CONAHCyT por el apoyo económico y a la LGAC-CP Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Gonzalez-Bulnes A, Menchaca A, Martin GB, Martinez-Ros. Seventy years of progestagen treatments for management of the sheep oestrous cycle: Where we are and where we should go. *Reprod Fertil Dev* 2020;(32):441-452. <https://doi.org/10.1071/RD18477>
2. Jackson CG, Neville TL, Mercadante VRG, Waters KM, Lamb GC, Dahlen CR, Redden RR. Efficacy of various five-day estrous synchronization protocols in sheep. *Small Rumin Res* 2014;(120):100-107. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.04.004>
3. López-García S, Sánchez-Torres EMT, Cordero-Mora JL, Figueroa-Velasco JL, Martínez-Aispuro JA, Salinas RT. Synchronization of estrus in multiparous ewes with CIDR of first, second and third reuse. *Arch Latinoam Prod Anim* 2023;(31):21-27. <https://doi.org/10.53588/alpa.310505>
4. Martinez-Ros P, Astiz S, Garcia-Rosello E, Rios-Abellan A, Gonzalez-Bulnes A. Effects of short-term intravaginal progestagens on the onset and features of estrus, preovulatory LH surge and ovulation in sheep. *Anim Reprod Sci* 2018;(197):317-323. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2018.08.046>
5. Skliarov P, Pérez C, Petrusha V, Fedorenko S, Bilyi D. Induction and synchronization of oestrus in sheep and goats. *J Cent Eur Agric* 2021;(22):39-53. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/22.1.2939>

MICROLITIASIS TESTICULAR EN UN CARNERO ADULTO.

Alejandra Moreno-Hernández¹, Antonio Porras-Almeraya^{1*}, Pablo Escorcia-Ortíz¹, Saúl Israel Cruz-Sánchez, Jaime Campuzano-Granados².

Departamentos de Reproducción¹ y Patología² de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor para correspondencia: porras@unam.mx

Palabras clave: Carnero, testículo, microlitiasis.

Introducción

La microlitiasis testicular (MT) es una patología que se caracteriza por la existencia de microcalcificaciones en el parénquima testicular, es poco frecuente y generalmente es un hallazgo inesperado durante la realización de la ecografía escrotal^{1,2}. La definición aceptada de la MT es la presencia de pequeños ecos brillantes (hiperecoicos) en el parénquima testicular. El origen de la MT es desconocido y suele ser asintomática, su significado clínico es incierto, aunque existen estudios que la relacionan con infertilidad e incluso con cáncer testicular en humanos^{1,2}. Este estudio comunica la presencia de pequeños focos hiperecoicos en el parénquima testicular y su efecto en el comportamiento reproductivo de un carnero adulto.

Objetivo

Informe de un caso de microlitiasis testicular en un carnero adulto de la raza East Friesian.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ubicado en el poblado de Topilejo en la Ciudad de México (19°12' latitud norte). Antecedente, al efectuar la evaluación reproductiva rutinaria de los carneros; en uno se detectó la presencia de pequeños focos hiperecoicos en el parénquima testicular durante la ecografía del contenido escrotal. El carnero es un semental de cinco años de la raza East Friesian, que se maneja en un alojamiento individual, ahí se le suministra una dieta compuesta con los siguientes ingredientes; avena picada, ensilado de maíz, alfalfa peletizada (Griculmex®) y concentrado balanceado multipartícula. Para confirmar el hallazgo inicial y dar seguimiento al caso, se realizó nuevamente la evaluación reproductiva del carnero, a los 30, 60 y 90 días después del primer hallazgo. Cada evaluación incluyó: a. El examen físico general del animal e integridad del aparato reproductor. Para la ecografía del contenido escrotal se utilizó un equipo de la marca Mindray DP-50VET® con un transductor lineal de 7.5 MHz. b. Se utilizó una vagina artificial para obtener las muestras de semen, momento que se aprovecho para verificar la libido y el comportamiento copulatorio del carnero. c. El análisis de las muestras de semen incluyó las siguientes características; volumen, aspecto de la muestra, movilidad, morfología y concentración espermática. En la tercera evaluación se realizó una citología testicular empleando la técnica de punción con aguja fina (PAAF) para la obtención de material celular, el cual fue teñido posteriormente mediante la tinción de Diff-Quick® para su observación y evaluación microscópica. También se estimó la fertilidad del macho durante el último empadre, calculando la relación del número de ovejas gestantes entre el número de ovejas asignadas durante el empadre. Para el análisis de los datos colectados únicamente se aplicó estadística descriptiva.

Resultados y discusión

Examen físico general e integridad del aparato reproductor

El carnero cumplió satisfactoriamente el examen físico general (condición de ojos, boca y del aparato locomotor); su condición corporal fue superior a 3.5 con un peso promedio de 88.1kg, en sus tres evaluaciones. La condición del aparato reproductor del carnero fue satisfactoria, aunque su diámetro escrotal fue < 31cm, diámetro que se considera reducido o no satisfactorio para un carnero adulto⁴. Los testículos del carnero presentaron una consistencia firme, principalmente el testículo izquierdo. En la última evaluación el macho mostró ligera molestia durante la palpación de ambos testículos.

Ecografía testicular

La razón primaria para el uso de ecografía, durante la evaluación de un macho, es al detectar lesiones en las estructuras de la bolsa escrotal. A continuación, se presentan algunas imágenes ecográficas de los testículos explorados; la imagen A muestra un testículo normal de carnero con una ecogenicidad media y una ecotextura homogénea. En las imágenes B a J se observan diferentes vistas de los testículos del carnero problema; en todas se visualizan pequeños focos hiperecoicos distribuidos a lo largo del parénquima testicular, desde su hallazgo inicial hasta la tercera evaluación.



Imagen A)

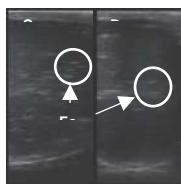


Imagen C)

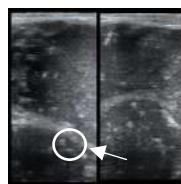


Imagen E) Testículo

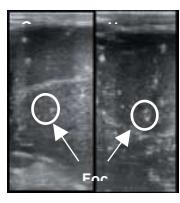


Imagen G)

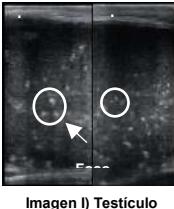


Imagen I) Testículo

Citología testicular

Para tratar de identificar el material hiperecoico presente en el parénquima testicular, en la tercera evaluación se realizó una PAAF guiada mediante ecografía trans-escrotal; el frotis elaborado fue teñido con la tinción de Diff–Quick® para su observación y evaluación microscópica. Las imágenes K a N muestran los hallazgos de la citología testicular; en las imágenes M y N se observa la presencia estructuras cristaloides en el parénquima testicular, quizá por concreciones de calcio:

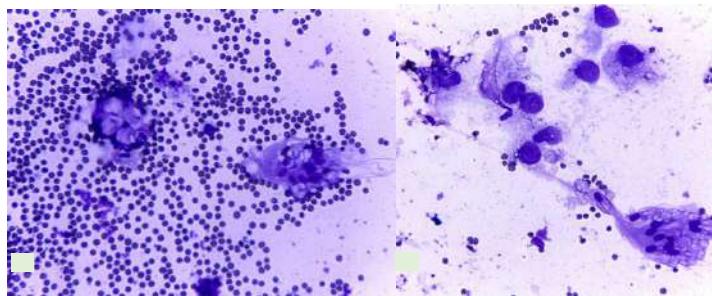


Imagen K. Fondo eritrocítico con escasos *detritus* celulares, hay una hipocelularidad posiblemente estas células correspondan a células intersticiales (Diff- Quick- 10X). Imagen L. Fondo eritrocítico con escasas células intersticiales y células sexuales (Diff- Quick- 40X).

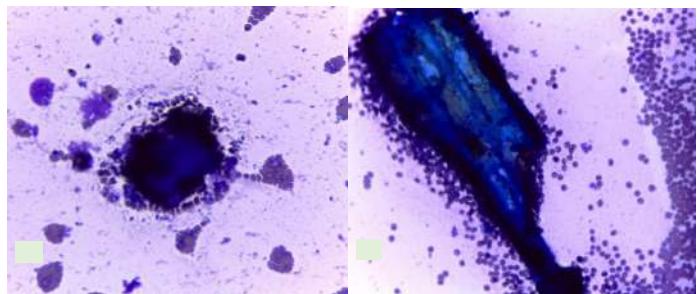


Imagen M. Hay un fondo eritrocítico y material amorfó basófilo (Diif-Quick 10x). Imagen N. Se observa una estructura cristaloide grande, de apariencia rectangular, basófila y rodeada de eritrocitos (Diif-Quick 40x).

Examen de la libido, capacidad de monta, calidad del semen y fertilidad

En cada examen, el carnero exhibió una buena libido y comportamiento copulatorio; en promedio tardó 40s en completar una monta completa acompañada de un buen desempeño copulatorio. Las características del semen analizadas se encontraban dentro de los rangos considerados como normales³; volumen de 1.0 a 1.6mL, aspecto de lechoso a cremoso, movilidad en masa ≥ 4 de 5 puntos, movilidad progresiva 75 a 90%, de 15 a 25% de anomalías totales y una concentración espermática promedio de 2.7×10^9 células/mL. Lo más notorio, fue el incremento en el porcentaje de anomalías espermáticas, principalmente a nivel de cola, se considera que la fertilidad no es afectada a menos que las anomalías sean mayores al 20%³. En este estudio la fertilidad del carnero en su último empadre fue del 92%.

Conclusiones

La microlitiasis testicular es una patología que se caracteriza por la existencia de microcalcificaciones en el parénquima del testículo; los hallazgos en la citología testicular revelan la presencia de estructuras cristaloides de apariencia rectangular, lo que sugiere la presencia de depósitos, posiblemente de calcio, en el parénquima testicular. El origen de la MT es desconocido y suele ser asintomática y posible causa de infertilidad. En este caso, el carnero exhibió un buen desempeño reproductivo y de la calidad de su semen; lo más notorio, fue un incremento en el porcentaje de anomalías espermáticas, sin embargo, esto no tuvo un efecto detriental en la fertilidad del carnero, ya que su tasa de gestación en el último empadre fue del 92%.

Agradecimientos

Al Dr. Juan de Dios León Zavaleta y al Dr. Augusto César Lizarazo Chaparro del CEPIP SA-UNAM, por su apoyo para la realización de este estudio. A la PMVZ Mayra Delia Juárez Palomino por su ayuda en el trabajo de campo.

Referencias bibliográficas

1. Balawender K, Orkisz S, Wisz P. Testicular microlithiasis: what urologist should know. A review of the current literature. Cent. European J. Urol. 2018; 71: 310-314.
2. Galván-Montaño A, Cruces-Velázquez M, García-Moreno S, Espinosa de los Monteros-Pérez LE, Suárez-Roa ML, Guzmán-Martínez S. Microlitiasis testicular una patología rara y poco conocida. Reporte de casos y revisión de literatura. Rev. Mex. Urol. 2021; 81(1): 1-8.
3. Ott RS, Memon MA. Breeding soundness examinations of rams and bucks, a review. Theriogenology 1980; 13: 155-164.
4. Ridler AL, Smith SL, West DM. Ram and buck management. Animal Reproduction Science; 2012; 130: 180-183.

**CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE CHIVOS ENTEROS INACTIVOS
AGRUPADOS CON MACHOS CASTRADOS ANDROGENIZADOS DURANTE LA ÉPOCA DE
REPOSO SEXUAL.**

Viviana Aurora Martínez Zuazua², Fernando Sánchez Dávila^{1,2*}, Diego Eduardo Martínez Mendoza¹, Estela Garza Brenner^{1,2}, Rogelio Alejandro Ledezma Torres², Carlos Luna Palomera³, Cecilia C. Zapata Campos⁴, Javier Hernández Meléndez⁵

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Campus de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agronomía, Francisco Villa s/n, Colonia Ex-Hacienda El Canadá, 66054 Escobedo, Nuevo León, México.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Campus de Ciencias Agropecuarias, Posgrado Conjunto: FA-FMVZ, Francisco Villa s/n, Colonia Ex-Hacienda El Canadá, 66054 Escobedo, Nuevo León, México.

³Universidad Juárez, Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias, Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86280.

⁴Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Victoria-Mante km5 s/n, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 82724.

⁵Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Victoria "Adolfo López Mateos", Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, CP 87149.

*Autor para correspondencia: fernando_sd3@hotmail.com

Palabras clave: Fertilidad, testosterona, estacionalidad.

Introducción

El fotoperiodo, entendido como la duración del periodo de luz natural en un día, actúa como un regulador fundamental de la estacionalidad reproductiva en cabras y ovejas (Delgadillo, 2024). Esto afecta que tanto machos y hembras tengan una disminución dramática en su reproducción denominada anestro estacional, disminuyendo el efecto macho-hembra afectando la presencia del estro. Se han utilizado diferentes metodologías para estimular el efecto macho, siendo una de ellas el de utilizar machos estimulados con programas de luz para introducirlos a hembras en anestro y forzar la presencia del estro. Sin embargo, reportes recientes por Delgadillo et al. (2022, 2023) donde mencionan la posibilidad de estimular machos sexualmente inactivos al agruparlos con machos activados con programa de luz fuera de la época reproductiva, encontrando que se puede tener un efecto sobre la secreción de LH (efecto corto) y la secreción de testosterona (efecto largo). Más aún, puede haber diferencias en cuanto a los machos activados con programas de luz, que pueden presentarse como machos hiperactivos, los cuales pueden afectar el estímulo a los machos que se quieran estimular, afectando la secreción de testosterona (comportamiento sexual), (López-Magaña, et al-. 2024).

Objetivo

Analizar el comportamiento sexual de machos sexualmente inactivos al agruparlos con machos castrados androgenizados fuera de la época reproductiva.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Rancho "Mary" ubicado a 443 m.n.m., ya 25°54'N y 99°58'O, en Higueras, Nuevo León, México. Esta investigación se condujo en base al Comité de ética y bienestar animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UANL (Dictamen 008/2024). Se utilizaron 16 chivos: 8 chivos castrados adultos y 8 chivos enteros de 18-24 meses de edad y un peso promedio de 55.0 ± 3.5 kg. El experimento tuvo inicio el 30 de marzo del 2024 y estará finalizando el 8 de junio del mismo año. Los chivos fueron divididos en dos grupos ($n=8$ por grupo). Para el grupo I (GI), se agruparon cuatro machos castrados (MCSS) a los que se le administró suero salino vía IM en una dosis de 1 mL/animal y cuatro machos enteros inactivos (MEI); Para el grupo II (GII) se agruparon cuatro machos castrados androgenizados (MCA) que se les aplicó 25 mg de testosterona (Dechra Brovel, Morelia, Michoacán) vía IM cada tercer día durante tres ocasiones dos semanas previo a la agrupación con cuatro MEI. El total de los machos se mantuvieron separados por una distancia de 100 m para evitar cualquier tipo de contacto entre cada grupo de machos. Cada grupo se alojó en un corral de 24 m² con una sombra de 12 m². Se evaluó el comportamiento sexual una vez por semana a partir del día 5 de que se agruparon en ambos grupos. Se utilizó una cabra estrogenizada con 1 mg de benzoato de estradiol IM (Syntex, Virbac, Jalisco,

Méjico) tres días previos a la evaluación del comportamiento sexual (Ledezma-Torres et al., 2022). La hembra fue presentada individualmente a cada macho por un periodo de 10 minutos en un corral de 4m² y se registró el comportamiento de acuerdo con la metodología propuesta por Sánchez-Dávila et al (2018) para las siguientes variables: olfateo ano genital (OAG), acercamientos laterales (AL), flehmen (F), intento de montas (IM), montas (M), y número de montas con eyaculado (ME). Los datos fueron analizados con un modelo lineal que incluía los efectos fijos del tratamiento, semana de evaluación y su interacción. Los mínimos cuadrados medios de cada nivel de estos efectos fueron obtenidos y la diferencia entre las medias fue obtenida por la prueba Tukey, utilizando el estadístico SPSS. Diferencias significativas entre las medias fueron declaradas a una P<0.05.

Resultados (Avances)

En la tabla 1 se puede observar que el efecto de agrupar MCA y MCSS con MEI, se presentó un efecto significativo para cada una de las variables de comportamiento sexual. Asimismo, fue lo mismo para las semanas que se reportan en el presente estudio. Para la interacción del grupo de machos con la semana de estudio (S), los resultados se presentan en la figura 1, donde se observa que los MCA y MCSS presentaron baja respuesta de comportamiento sexual en comparación a los MEI que se agruparon con MCA y MCSS en forma independiente.

Tabla 1. Efectos principales de los factores evaluados tratamiento, semana e interacción de T×S en chivos adultos fuera de la época reproductiva.

	Tratamiento	Semana	Tratamiento*Semanas
Olfateo A-G	<0.0001	<0.0001	0.01
Aprox. Lat.	<0.0001	<0.0001	0.07
Flehmen	0.01	0.105	0.005
Automarcaje	0.01	0.001	0.430
Monta	0.03	0.084	0.956
Int. Monta	0.009	0.43	0.424
Monta/eyaculación	<0.0001	0.01	0.04

Para el número de montas con eyaculación, se presentó una tendencia a que los chivos del grupo MEI y que se agruparon con MCA (P=0.04), (ver figura 1), un mayor número de montas en comparación a los MEI que se agruparon con MESS; presentándose diferencias en las semanas 1,3 y 5. Estos resultados concuerdan al menos parcialmente y lo que va del estudio a lo reportado por Delgadillo et al (2022) y Abecia et al (2024). Esperando que conforme se avance las semanas de estudio se pueda presentar una mejor respuesta de la agrupación de MCA con MEI y poder lograr en su momento que ya que se activen este último grupo de machos se puedan utilizar para que se establezca el efecto macho en cabras fuera de la época reproductiva. Se concluye parcialmente y hasta el avance que se tiene actualmente del estudio, que utilizar MCA pudieran estimular a MEI durante la época de reposo sexual en el noreste de México.

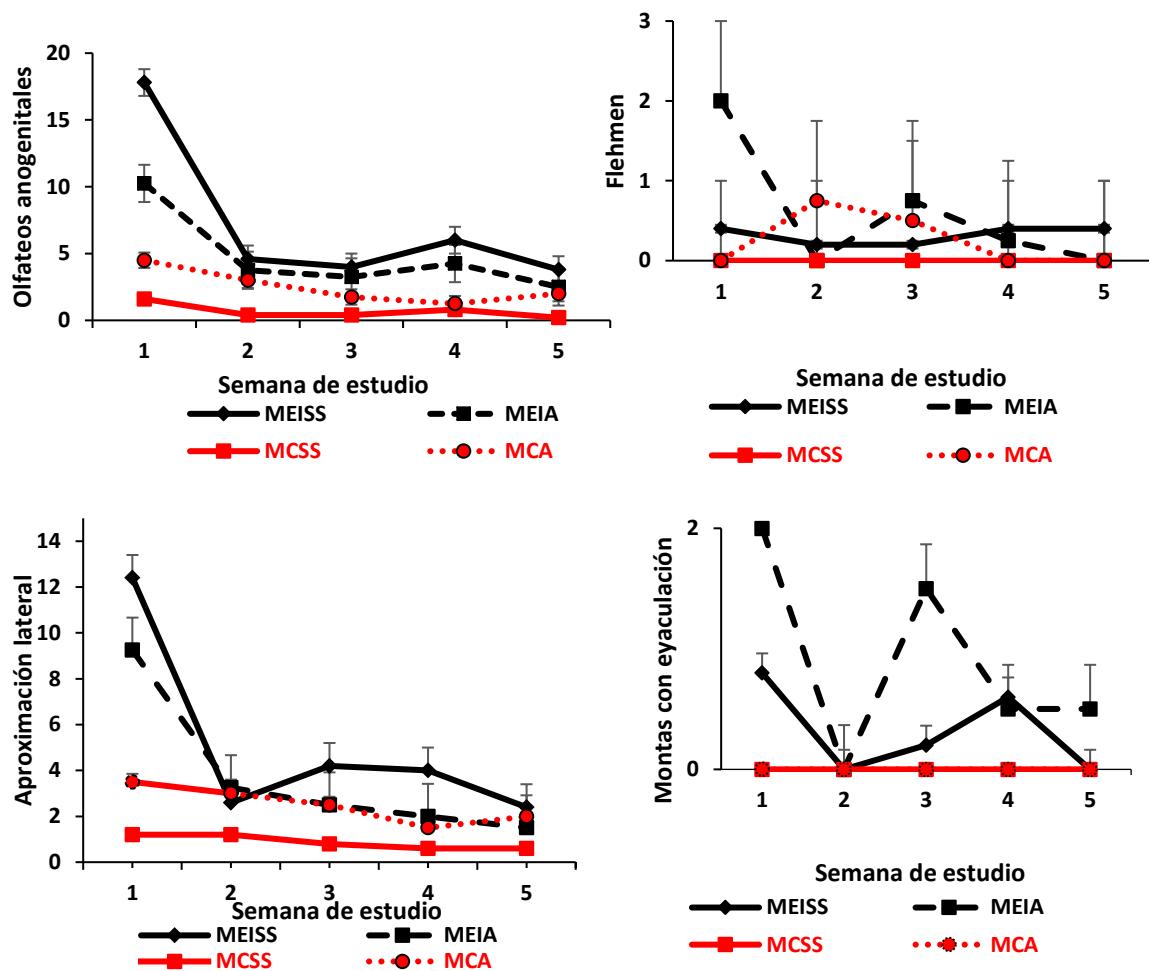


Figura 1. Efecto de la interacción TxS en machos caprinos enteros inactivos agrupados con machos castrados androgenizados o no sobre características de inspección sexual ($P<0.05$).

Referencias bibliográficas

1. Delgadillo, J. A., Espinoza-Flores, L. A., Abecia, J. A., Hernández, H., Keller, M., & Chemineau, P. (2022). Sexually active male goats stimulate the endocrine and sexual activities of other males in seasonal sexual rest through the “buck-to-buck effect”. *Domestic Animal Endocrinology*, 81, 106746. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2022.106746>.
2. Delgadillo, J. A., Espinoza-Flores, L. A., López-Magaña, D., & Hernández, H. (2023). Los machos cabríos sexualmente activos estimulan la secreción de LH y testosterona de otros machos en reposo sexual. *Revista Agraria*, 20(2). <https://doi.org/10.59741/agraria.v20i3.584>.
3. López-Magaña, N., Tejada, L. M., López-Magaña, D., Hernández, H., Flores, M. J., Vielma, J., Delgadillo, J. A. (2024). Physical separation and reduction of contact duration with sexually hyperactive bucks decrease testosterone concentrations and sexual behavior in bucks in sexual rest. *Animal*. 18 (6): 101179. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101179>.
4. Sánchez-Dávila, F., Barragán, H. B., del Bosque-González, A. S., Ungerfeld, R. (2018). Social dominance affects the development of sexual behaviour but not semen output in yearling bucks. *Theriogenology*, 110, 168-174. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.01.004>.

LOS MACHOS CABRÍOS EXPUESTOS AL “EFECTO MACHO SOBRE MACHO” ESTIMULAN LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE LAS CABRAS DURANTE EL ANESTO ESTACIONAL.

José Alberto Delgadillo^{1*}, Luz María Tejada¹, Dolores López-Magaña¹,
Horacio Hernández¹, Natalia López-Magaña^{1,2}, Jair Millán-Orozco³, Jerson Millán-Orozco³

¹Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; ²Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Coahuila; ³Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

*Autor para correspondencia: joaldesa@yahoo.com

Palabras clave: Caprinos, efecto macho sobre macho, efecto macho.

Introducción

La estacionalidad sexual y reproductiva de los caprinos en la Comarca Lagunera, se deben principalmente a las variaciones anuales del fotoperiodo. Por ello, una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo estacional (enero-junio) se induce en los machos cabríos al someterlos artificialmente, de noviembre a enero, a 16 horas de luz, seguidos del fotoperíodo natural (Delgadillo et al., 2002). Estos machos sexualmente hiperactivos son más eficaces que los no tratados, sexualmente hipoactivos, para estimular la actividad reproductiva de las cabras en el anestro estacional. A este fenómeno se le denomina “efecto macho” (Abecia et al., 2024). De la misma manera, los machos sexualmente hiperactivos son más eficaces que los hipoactivos para estimular la actividad sexual de los machos en reposo sexual estacional. A este fenómeno se le denomina “efecto macho sobre macho” (Delgadillo et al., 2022). Sin embargo, no se sabe si los machos sometidos al “efecto macho sobre macho” son tan eficaces como los machos estimulados con el tratamiento fotoperiódico para inducir la actividad reproductiva de las cabras durante el anestro estacional.

Objetivo

Determinar si los machos cabríos expuestos al “efecto macho sobre macho” estimulan la actividad reproductiva de las cabras durante el anestro estacional de la misma manera que lo hacen los machos estimulados con un tratamiento fotoperiódico.

Materiales y métodos

Un grupo de machos ($n=4$) se mantuvo bajo las variaciones naturales del fotoperíodo y formaron el grupo de machos sexualmente hipoactivos. Otro grupo de machos ($n=6$) se sometió a días largos artificiales (16 h de luz por día) del 15 de noviembre al 15 de enero utilizando la luz natural y artificial (06:00-08:00 h y 17:00-22:00 h). A partir del 16 de enero, los machos se expusieron a las variaciones naturales del fotoperíodo; este fue el grupo de machos sexualmente hiperactivos. El 5 de marzo, durante el reposo sexual estacional, los cuatro machos hipoactivos se expusieron a dos machos hiperactivos durante un mes. El 5 de abril, un grupo de cabras anéstricas ($n=40$) se expuso a los cuatro machos hiperactivos, sometidos al tratamiento fotoperiódico, mientras que otro grupo de cabras anéstricas ($n=40$) se expuso a los machos estimulados a través del “efecto macho sobre macho”. Las ovulaciones y gestaciones se determinaron por ultrasonido transrectal 17 y 45 días después de la introducción de los machos. La fertilidad (hembras que parieron) y prolificidad (número de crías por hembra) se determinaron al parto. Las proporciones de hembras que ovularon, que quedaron gestantes y que parieron, se compararon mediante la prueba de Chi cuadrada. La prolificidad se comparó mediante la prueba U de Mann-Whitney. Los datos de prolificidad se expresan en promedio \pm error estándar del promedio. Las diferencias estadísticas fueron consideradas como significativas cuando $P < 0.05$.

Resultados y discusión

Las proporciones de cabras que ovularon y quedaron gestantes no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre las cabras expuestas a los machos hiperactivos sometidos al tratamiento fotoperiódico (39/40: 98 % y 37/40: 93 %, respectivamente) o las cabras expuestas a los machos sometidos al “efecto macho sobre macho” (39/40: 98 % y 38/40: 95 %, respectivamente). De la misma manera, las proporciones de hembras que parieron y la prolificidad no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre las cabras expuestas a los machos

hiperactivos sometidos al tratamiento fotoperiódico (34/40: 85 % y 1.7 ± 0.1) o a los machos sometidos al “efecto macho sobre macho” (32/40: 80 % y 1.6 ± 0.1).

Los resultados de este estudio muestran que los machos sometidos al “efecto macho sobre macho” son tan eficaces como los machos sometidos al tratamiento luminoso para estimular la actividad reproductiva de las cabras durante el anestro estacional. En efecto, la respuesta sexual y reproductiva de las cabras no difirió entre grupos, lo que indica que el comportamiento sexual y la producción espermática cualitativa y cuantitativa se mejoró en los machos expuestos al “efecto macho sobre macho”, permitiendo obtener una fertilidad alta y similar a la registrada con los machos expuestos al tratamiento fotoperiódico.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio permiten concluir que los machos cabríos expuestos al “efecto macho sobre macho” son tan eficaces para estimular la actividad reproductiva de las cabras durante el anestro estacional que aquellos expuestos al tratamiento fotoperiódico.

Referencias bibliográficas

1. Abecia, J.A., Chemineau, P., Delgadillo, J.A. 2024. Advances in photoperiodic and bio-stimulations of seasonal reproduction in small ruminants. *Small Rumin. Res.* 235: 107286.
2. Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpaux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci.* 80: 2780–2786.
3. Delgadillo, J.A., Espinoza-Flores, L.A., Abecia, J.A., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P. 2022. Sexually active male goats stimulate the endocrine and sexual activities of other males in seasonal sexual rest through the “buck-to-buck effect”. *Domest. Anim. Endocrinol.* 81: 106746.

LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CONTACTO CON MACHOS CABRÍOS SEXUALMENTE HIPERACTIVOS REDUCE LOS NIVELES PLASMÁTICOS DE TESTOSTERONA DE LOS MACHOS EN REPOSO SEXUAL.

Natalia López-Magaña^{1,2}, Luz María Tejada¹, Dolores López-Magaña¹,
Horacio Hernández¹, José Alberto Delgadillo^{1*}

¹Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; ²Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Coahuila.

*Autor para correspondencia: joaldesa@yahoo.com

Palabras clave: Interacciones socio-sexuales, testosterona, efecto macho sobre macho

Introducción

Las cabras expuestas a un macho tratado con fotoperíodo sexualmente hiperactivo, incrementan su secreción de LH 15 minutos posteriores a su introducción, y disminuye drásticamente cuando el macho es retirado (Bedos et al., 2014). Este fenómeno se denomina “efecto macho”. La intensidad del comportamiento sexual desplegado por los machos hiperactivos es un factor influyente en la secreción de LH, por lo que los machos sexualmente hiperactivos son más eficaces que los no tratados, sexualmente hipoactivos, para estimular la secreción de LH y ovulación. De igual forma, las introducciones de machos cabríos sexualmente hiperactivos son más eficaces que los sexualmente hipoactivos para estimular la secreción de LH y testosterona de los machos durante el reposo sexual estacional. A este fenómeno se le denomina “efecto macho sobre macho” (Delgadillo et al., 2022). Considerando que, en cabras en anestro estacional, la reducción del tiempo de contacto físico con los machos disminuye la secreción de LH y la respuesta ovulatoria, se hipotetiza que, de igual forma, la reducción del tiempo de contacto físico con machos sexualmente hiperactivos disminuye las concentraciones plasmáticas de testosterona de machos sexualmente hipoactivos expuestos al “efecto macho sobre macho”.

Objetivo

Determinar las concentraciones plasmáticas de testosterona de machos cabríos sexualmente hipoactivos al reducir su tiempo de contacto con los machos sexualmente hiperactivos.

Materiales y métodos

Trece machos cabríos se mantuvieron bajo las variaciones naturales del fotoperíodo y formaron el grupo de machos sexualmente hipoactivos. Otros seis machos se sometieron a un tratamiento fotoperódico de días largos artificiales (16 h de luz por día) del 15 de noviembre al 15 de enero utilizando la luz natural y artificial (06:00-08:00 h y 17:00-22:00 h). A partir del 16 de enero, los machos se expusieron a las variaciones naturales del fotoperíodo; este fue el grupo de machos sexualmente hiperactivos. El 30 de marzo (Día 0), durante el reposo sexual estacional, seis machos hipoactivos se expusieron a dos machos hiperactivos durante 31 días formando el “Grupo contacto”, mientras que los otros siete machos hipoactivos fueron expuestos solamente 10 días a 2 machos hiperactivos, formando el “Grupo retiro”. Las concentraciones plasmáticas de testosterona se determinaron -2 días y, en el día 0, 30 minutos antes de la introducción de los machos hiperactivos y posteriormente al día 1 y cada 3 días postintroducción durante 31 días en ambos grupos. Las concentraciones plasmáticas de testosterona se analizaron mediante un análisis de varianza de medidas repetidas para detectar diferencias entre los tratamientos. El modelo incluyó el tratamiento (grupo), el periodo de muestreo (días) y la interacción entre estos factores. La prueba *t* de Student independiente se utilizó para determinar las diferencias entre los valores de cada determinación cuando existió interacción significativa entre grupo y tiempo del estudio. Los datos se expresan en promedio ± error estándar del promedio.

Resultados y discusión

Las concentraciones plasmáticas de testosterona variaron a lo largo del estudio ($P < 0.001$) y existió interacción entre el tiempo de estudio y grupo ($P < 0.01$). Las concentraciones de testosterona fueron bajas (< 5 ng/mL) y no difirieron entre los grupos antes de la introducción de los machos cabríos hiperactivos ($P > 0.05$). Posteriormente, en el día 1, las concentraciones de testosterona aumentaron dramáticamente en ambos grupos, alcanzando concentraciones máximas 4 días después de la introducción de los machos

sexualmente hiperactivos sin diferencias entre los grupos ($P > 0.05$). Posteriormente, en los machos del grupo retiro, las concentraciones de testosterona disminuyeron progresivamente, alcanzando concentraciones bajas ($< 5 \text{ ng/mL}$) a los 22 días postintroducción y se mantuvieron bajas hasta el final del estudio. Por el contrario, en el grupo contacto, estas concentraciones permanecieron elevadas y fueron mayores que en las del grupo retiro del día 19 al 31 después de la introducción de los machos sexualmente hiperactivos ($P < 0.05$).

Los resultados de este estudio muestran que la reducción del tiempo de contacto con machos hiperactivos disminuye los niveles de testosterona en los machos en reposo sexual. Además, indican que el contacto físico entre los machos juega un papel importante en la reactivación y mantenimiento del funcionamiento del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas durante el período de reposo sexual estacional. Nuestros hallazgos coinciden con los reportados en hembras caprinas expuestas a los machos, lo que se conoce como "efecto macho". En efecto, la proporción de hembras que ovula es mayor cuando permanecen en contacto con los machos que cuando son separados de éstos (Chemineau, 1987). Nuestros resultados indican que el contacto físico permanente entre machos es necesario para estimular y mantener la actividad endocrina de los machos cabríos durante el período de reposo sexual estacional.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio permiten concluir que la reducción del tiempo de contacto con machos cabríos sexualmente hiperactivos reduce los niveles plasmáticos de testosterona de los machos en reposo sexual estacional. La interacción libre entre machos sexualmente hiperactivos y en reposo sexual, es necesario para incrementar la eficacia del fenómeno denominado "efecto macho sobre macho".

Referencias bibliográficas

1. Bedos, M., Duarte, G., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Hernández, H., Vielma, J., Fernández, I.G., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A., 2014. Two or 24 h of daily contact with sexually active males results in different profiles of LH secretion that both lead to ovulation in anestrous goats. Domestic Animal Endocrinology 48, 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2014.02.003>.
2. Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats-a review. Live Prod. Sci. 17:135-47.
3. Delgadillo, J.A., Espinoza-Flores, L.A., Abecia, J.A., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P. 2022. Sexually active male goats stimulate the endocrine and sexual activities of other males in seasonal sexual rest through the “buck-to-buck effect”. Domest. Anim. Endocrinol. 81: 106746.

EFFECTO DE LA GRASA DORSAL Y PESO CORPORAL DE LAS CERDAS SOBRE INDICADORES METABÓLICOS Y CONSUMO DE ALIMENTO EN LACTANCIA.

Gerardo Ordaz^{1*}, Alberto G. Callejas², Manuel López², Rosa E. Pérez³, Ruy Ortiz²

¹CENID Fisiología, INIFAP, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UMSNH, Michoacán, México. ³Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH, Michoacán, México.

*Autor para correspondencia: ordaz.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cerda, grasa dorsal, insulina, leptina.

Introducción

Las actuales tendencias hacia el consumo de carnes con bajo contenido de grasa han propiciado que la mejora genética de los cerdos se enfoque en producir animales magros. Motivo por el cual, la finalidad que tenía el monitoreo del espesor de grasa dorsal (EGD) en las cerdas ha cambiado, de ser utilizado con fines de evaluar la condición corporal y aspectos reproductivos, a ser utilizado como criterio para determinar la magrez de la progenie (Patterson y Foxcroft, 2019). No obstante, este tipo de selección unilateral de las cerdas de reemplazo, enfocado a características productivas como lo es la tasa de crecimiento y el peso corporal (PC) se ha relacionado, entre otras cosas, con la correlación negativa entre magrez y grasa. Al seleccionar las cerdas de reemplazo por características productivas, sin considerar el EGD, se omite la modulación del estado metabólico de las cerdas asociado con la activa participación endocrina que tiene el tejido graso (Cools et al., 2013). Además, si no se modula el EGD de las cerdas previo a que entren en procesos reproductivos, corregir deficiencias o excesos en las reservas corporales es complicado. El objetivo fue determinar el efecto que tiene el EGD y PC de las cerdas sobre indicadores metabólicos y consumo de alimento en lactancia.

Materiales y métodos

Este experimento se llevó a cabo en un sistema comercial de ciclo completo ubicado en el Bajío, México. Un total de 203 cerdas (Yorkshire x Landrace) fueron monitoreadas desde los ≈75 kg de PC hasta el destete. Con el total de animales que se lograron servir (183 cerdas) se establecieron dos clasificaciones: 1) de acuerdo con el EGD [bajo (<17 mm); moderado (17 – 20 mm) y, alto (>20 mm)] y, 2) de acuerdo con su PC [ligero (<140 kg), moderado (140 – 150 kg) y, alto (>150 kg)]. Las cerdas fueron alimentadas de acuerdo con su etapa productiva con dietas en harina, desde los ≈75 kg de PC hasta el destete (Tabla 1). Las dietas fueron adicionadas con vitaminas y minerales para cumplir las recomendaciones del NRC (2012) en cada etapa evaluada. A partir de los ≈75 kg PC la alimentación fue restringida a ≈2.5 kg/cerda/día (≈8.0 Mcal de EM/día). Durante la gestación las cerdas se alimentaron de acuerdo con su condición corporal. En lactancia la alimentación de las cerdas fue a libre acceso.

Tabla 1. Composición nutricional de las dietas

Composición nutricional estimada	Dietas		
	Remplazo	Gestación	Lactancia
EM, Mcal/kg	3.18	3.12	3.36
Proteína cruda, %	13.17	16.15	18.89
Lisina digestible, %	0.72	0.62	1.12
Treonina digestible, %	0.49	0.48	0.71
Ca total, %	0.47	0.55	0.57
P total, %	0.41	0.50	0.52
P digestible, %	0.18	0.25	0.26

Se determinó el PC de las cerdas y su espesor de GD al momento del servicio, al día 85 de gestación al ingresar a la sala de partos (entre los días 111 y 113 de gestación) y al destete. El EGD se midió en la posición P2 en ambos lados de la columna vertebral mediante un equipo de ultrasonido (Renco Lean Meter, S.E.C. Repro Inc., Québec, Canadá). Los valores de las dos mediciones se promediaron para obtener una única medición del EGD. Para el pesaje de los animales se utilizó una báscula electrónica fija (STG-1500-T1500SL, OCONY®; 1 – 1500 kg). Durante la lactancia diariamente se registró el consumo de alimento (CA) con una báscula digital (Dibatec®; capacidad de 40 kg y precisión de ±5 g).

Se tomaron muestras sanguíneas prepandiales (10 h de ayuno) de 25 cerdas/clasificación, los días 85 y 100 de gestación y los días 0, 3, 7, 14 y 21 de lactancia. Después de tomar la muestra, esta se dividió y

depositó en tres viales con EDTA (3 mL/vial). Los viales se almacenaron a 4°C hasta ser centrifugadas (100 x g por 10 min). Después de centrifugar, el plasma se almacenará a -20°C hasta ser analizado. Se determinó la concentración plasmática de glucosa, insulina y leptina. La determinación de glucosa se realizó a través de métodos enzimáticos en un Cobas c 111Mira (Roche, Basilea, Suiza). Las concentraciones de insulina y leptina se determinaron utilizando kits de ELISA comerciales (SIGMA-ALDRICH, St. Luis, MO, EEUU). Se estimó indirectamente la resistencia a la insulina (RI) mediante la siguiente ecuación: $HOMAIR = (\text{glucosa en ayuno, mmol L}^{-1} * \text{insulina en ayuno, }\mu\text{U mL}^{-1})/22.5$. Todos los análisis estadísticos se realizaron con SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc, Cary, Carolina del Norte, EE. UU.). Los datos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con mediciones repetidas utilizando PROC MIXED. La cerda fue la unidad experimental de análisis. Las clasificaciones tanto por EGD como por PC al servicio y sus principales interacciones fueron los principales efectos probados. Las diferencias entre las medias se determinaron mediante el método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans), con $\alpha \leq 0.05$.

Resultados y discusión

De acuerdo con el efecto ($p < 0.001$) de la clasificación por EGD al servicio para CA, el mayor CA durante la lactancia (4.5 kg cerda/día) fue para las cerdas con bajo EGD (Fig. 1a). De acuerdo con la interacción clasificación EGD*semana de lactancia, la 1^{er} semana no mostró diferencia ($p > 0.05$): CA promedio de 3.2 kg/cerda/día. La 2^{da} y 3^{er} semanas de lactancia las cerdas con mayor EGD presentaron el menor CA (Fig. 1a). En lo que respecta al efecto de la clasificación por PC al servicio para CA, no se encontró diferencia (4.1 kg/cerda/día). La interacción clasificación PC*semana determinó que solo la 3^{er} semana mostró diferencia, las cerdas con PC ligero presentaron el mayor CA (5.1 kg/cerda/día; Fig. 1b).

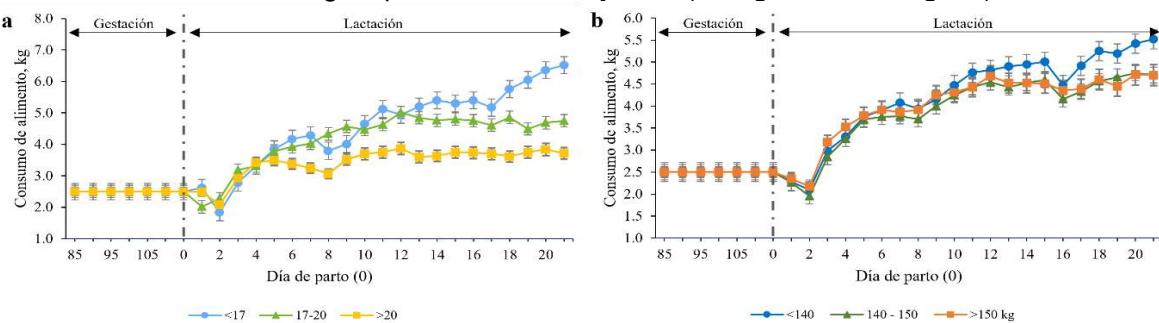


Fig. 1 Consumo de alimento de las cerdas durante la lactancia de acuerdo con la clasificación por espesor de grasa dorsal (a) y peso corporal (b) al servicio.

En lo que respecta a la glucemia de acuerdo con la clasificación por EGD al servicio, las cerdas que presentaron los mayores niveles de glucemia promedio durante la lactancia fueron las que tenían EGD moderado y alto (89.3 y 91.6 mg/dL, respectivamente), ello con respecto a las cerdas con EGD bajo (82.8 mg/dL). De acuerdo con las interacciones clasificación EGD*día y clasificación PC*día, los mayores ($p < 0.05$) niveles de glucemia fueron el día del parto para ambas interacciones (Fig. 2a,d). Dentro de la clasificación de las cerdas por PC al servicio, las cerdas con PC ligero fueron las que presentaron los menores niveles de glucemia promedio durante la lactancia (85.4 mg/dL; Fig. 2d). En lo que respecta a los niveles de insulina, dentro de la clasificación por EGD, las cerdas con EGD alto presentaron los mayores valores ($p < 0.05$) promedio durante la lactancia (18.9 mU/mL) y en cada día de evaluación (Fig. 1c). Para la clasificación de las cerdas por PC al servicio, los valores promedio de insulina durante la lactancia fueron mayores ($p < 0.05$) en las cerdas con PC alto (16.7 mU/mL). De acuerdo con la interacción clasificación PC*día, dentro de día de lactancia, solo el día 21 de lactancia mostró diferencia ($p < 0.05$) en los niveles de insulina (Fig. 2d).

En lo que concierne al índice HOMA-IR, para diagnósticas RI debe de ser ≥ 3.0 , se puede establecer que el EGD determina en mayor medida el desarrollo de RI, siendo las cerdas con EGD alto las mayormente afectadas (Fig. 2c). Se ha establecido (Mosnier et al., 2010) que, la RI detectada al final de la gestación se acentúa durante la primera semana de lactancia para que la cerda disponga mayor cantidad de glucosa para la síntesis de lactosa. Ante la presencia de RI en lactancia, la cerda moviliza reservas corporales que incrementan la concentración de sustratos energéticos (P. ej., colesterol, triglicéridos, leptina) debido a que las cerdas no consumen el alimento requerido para satisfacer sus necesidades nutricionales (Mosnier et al., 2010).

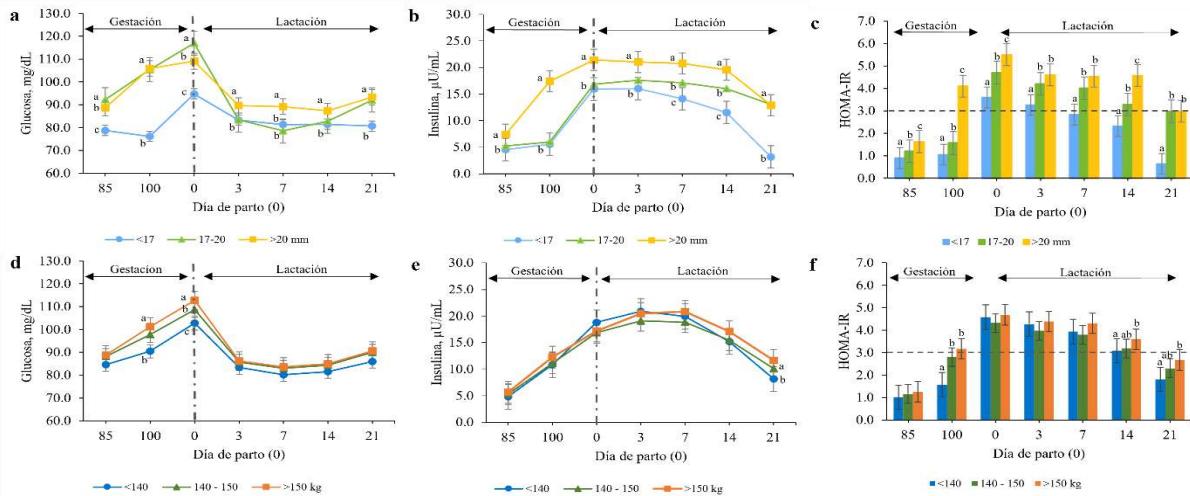


Fig. 2 Glucosa (a,d), insulina (b,e) y HOMA-IR (c,f) de acuerdo con las interacciones EGD*día y PC*día.

Para los niveles de leptina de acuerdo con el EGD al servicio, las cerdas con EGD bajo presentaron los menores niveles de leptina promedio durante la lactancia (1.7 ng/mL), ello con respecto a las cerdas con EGD moderado (2.2 ng/mL) y alto (2.8 ng/mL). La interacción clasificación EGD*día, determinó que los mayores ($p<0.05$) niveles de leptina en cada día de evaluación fue para cerdas con EGD alto (Fig. 3a). En la clasificación de las cerdas por PC al servicio, las cerdas con PC ligero presentaron los menores niveles de leptina promedio durante la lactancia (2.0 ng/mL; Fig. 3b). Al ser la leptina es un mediador de la regulación del balance energético puede suprimir el CA (Cools et al., 2013). Se ha reportado (Cools et al., 2013), correlación entre EGD y leptina de 0.67; dicha asociación se reflejó en la síntesis de leptina y CA en lactancia; a menor EGD mayor CA. Además, se ha establecido que, el incremento en 10% de peso corporal resulta en un 300% de incremento en los niveles de leptina sérica, lo cual justifica la mayor síntesis de leptina en cerdas con mayor EGD y mayor PC (Fig 3a,b)

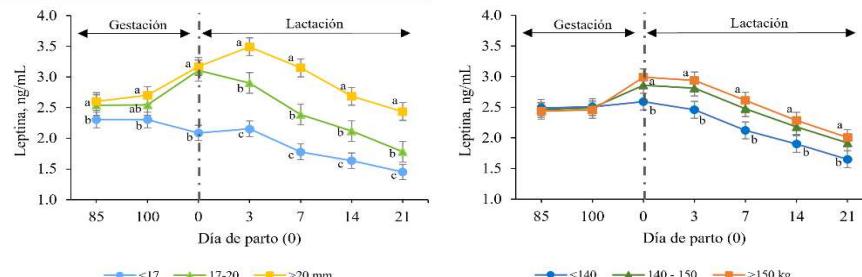


Fig. 3 Niveles de leptina de acuerdo con las interacciones EGD*día (a) y PC*día (b).

Conclusiones

De acuerdo con los hallazgos, el EGD es una variable de importancia que debe de ser considerada en la selección y manejo de los reemplazos. Por lo tanto, es importante centrarse en el control y modulación de la deposición y remoción de grasa dorsal en las cerdas en cada etapa productiva, puesto que, el EGD tiene mayor impacto en la modulación metabólica de las cerdas con respecto al PC lo cual repercute negativamente en indicadores productivos como lo es el CA en lactancia.

Referencias bibliográficas

1. Cools, A., et al. 2013. Peripartum changes in orexigenic and anorexigenic hormones in relation to back fat thickness and feeding strategy of sows. *Domest Anim Endocrinol* 45, 22–27.
2. Mosnier, E., et al. 2010. The metabolic status during the peri partum period affects the voluntary feed intake and the metabolism of the lactating multiparous sow. *Livest Sci* 127, 127–136.
3. NRC, 2012. Nutrients requirements of swine, 12^{va} ed. The National Academies Press, Washington, DC.
4. Patterson, J., Foxcroft, G., 2019. Gilt management for fertility and longevity. *Animals* 9, 1–15.

ESTUDIO PRELIMINAR DEL EFECTO DEL ÁCIDO SULFHÍDRICO DURANTE LA CRIOPRESERVACIÓN DEL SEMEN DE CERDO.

Dafne Itzel Aranda-Huerta¹, Francisco Torres-Quiroz², Noé Orlando Juárez-López³, Emilio Espinoza-Simón², Alejandro Córdova-Izquierdo⁴, Oscar Gutiérrez-Pérez⁵, María de Lourdes Juárez-Mosqueda^{1*}.

¹Departamento de Morfología FMVZ-UNAM, ²Laboratorio de Modificaciones postraduccionales del Departamento de Bioquímica y Biología Estructural, Instituto de Fisiología Celular, UNAM;

³Departamento de Genética y Bioestadística FMVZ-UNAM, ⁴Departamento de Producción Agrícola y Animal UAM-Xochimilco, ⁵CEIEPP FMVZ-UNAM.

*Autor para correspondencia: luerfco@unam.mx

Palabras clave: Criopreservación, semen porcino, ácido sulfhídrico.

Introducción

Mientras que en la industria bovina, técnicas como la criopreservación de semen han sido implementadas con éxito para su empleo en inseminación artificial (IA), en la industria porcina los resultados obtenidos hasta hoy no han sido los esperados y la inseminación artificial se ha enfocado hacia el uso de semen líquido almacenado a temperaturas adecuadas, siendo este el método preferido en la porcicultura alrededor del mundo, debido a que la calidad del semen se ve muy disminuida después de la criopreservación.

El estrés oxidativo es un factor importante que afecta la calidad del semen durante la criopreservación, siendo los espermatozoides de cerdo especialmente sensibles debido a la composición de lípidos de su membrana plasmática y a su capacidad antioxidante limitada. La adición de antioxidantes en los diluyentes de congelación ha sido una estrategia para mitigar estos efectos. Recientemente, se ha investigado el uso de ácido sulfhídrico (H_2S) exógeno como agente crioprotector y antioxidante, ya que se encuentra de manera endógena en el organismo y a concentraciones fisiológicas tiene la capacidad de neutralizar radicales libres. Sin embargo, no se han realizado estudios acerca de su efecto sobre la criopreservación de semen en esta especie.

Objetivo

Evaluar el efecto de dos donadores de H_2S (NaHS y GYY4137) sobre la viabilidad, integridad acrosomal y motilidad de los espermatozoides durante la criopreservación de semen porcino.

Materiales y métodos

Semen de cerdo fue obtenido del CEIEPP (FMVZ, UNAM) y transportado a 16°C al “Laboratorio de Investigación en Biología Celular de la Reproducción” del Departamento de Morfología (FMVZ-UNAM) usando el diluyente Androstar Plus en una dilución 1:1. En el laboratorio, la muestra se mantuvo a 37°C en baño María para su evaluación. El porcentaje de espermatozoides con movimiento progresivo se analizó mediante microscopía de luz, usando 10 µl de muestra en portaobjetos precalentados a 37°C y observados con el objetivo de 40X. La concentración espermática se determinó con una cámara de Neubauer. La viabilidad se evaluó con la tinción eosina-nigrosina, contando 100 células por laminilla y reportando los resultados en porcentaje. Cada grupo experimental se realizó por quintuplicado (5 laminillas: frotis espermáticos por grupo).

Para la criopreservación, se utilizaron dos métodos: el de rutina (Barrientos Morales, 2008) y el de congelación rápida (Ramírez Castillo, 2021). Se emplearon pajillas de 0.5 ml con una concentración de 150×10^6 espermatozoides/ml. Los ingredientes del diluyente de congelación incluyeron yema de huevo (20%), dextrosa (230.8 mM), gentamicina (100 µg/ml), agua bidestilada c.b.p., y glicerol (4%) en el diluyente B.

Diseño experimental

Las concentraciones de los donadores de H_2S , NaHS y GYY4137, ensayadas en este estudio se basaron en reportes previos (Chen et al., 2020; Kadlec et al., 2020; Pintus et al., 2020; Wang et al., 2018; Lee et al., 2011). Para el donador NaHS las concentraciones para cada uno de los cuatro grupos experimentales (E1-E4, E6) fueron: 100nM, 400nM, 700nM, 1µM y 5 µM. Para el donador GYY4137 las concentraciones en cada grupo experimental (E5 y E7) fueron: 3µM, 30µM, 100µM, 200µM y 400µM. Para cada experimental se realizó un grupo control (congelación de rutina o rápida, sin los donadores). Los experimentos se

realizaron durante diferentes etapas del proceso de criopreservación. La Tabla 1 muestra los grupos experimentales.

Análisis estadístico

Para este estudio se utilizó el software estadístico R versión 4.2.0 para el análisis de datos. Se emplearon las librerías *stats* 4.3.2 y *pgirmess* 2.0.3 para realizar pruebas de Kruskal-Wallis, una prueba no paramétrica que se utiliza para comparar múltiples grupos cuando no se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

Se analizaron los resultados de cada tipo de congelación (rápida y de rutina) por separado, primero se compararon los promedios de viabilidad entre experimento y luego se aislaron los experimentos con mejores resultados, para comparar entre las concentraciones de los donadores.

Tabla 1. Grupos experimentales.

Compuesto	NaHS	NaHS	NaHS	NaHS	GYY4137	NaHS	GYY4137
Congelación	Rutina						Rápida
Grupo experimental	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Momento de adición del donador durante el proceso de congelación	16°C	4°C sin glicerol	4°C	Antes de empajillar	cada cambio de temperatura	16°C	16°C

Resultados:

Se presenta la evaluación de la viabilidad de las muestras durante el proceso de criopreservación hasta antes del empajillado, las demás valoraciones se están llevado a cabo.

Los resultados para la congelación de rutina, mostraron que los experimentos con el porcentaje de mayor viabilidad durante el proceso de congelación fueron el E3 y el E4 como se muestra en la Tabla 2, sin diferencia estadística entre ambos; las concentraciones con los mayores porcentajes en ambos experimentos fueron 100nM, 400nm y 700nM sin diferencia estadística entre estas (Tabla 3).

En cuanto a la congelación rápida, destacó la realizada con el donador GYY4137, como se muestra en la Tabla 2. La concentración con mayor porcentaje de viabilidad fue la de 400μM, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 2. Porcentaje de la viabilidad obtenido en los grupos experimentales de congelación de rutina y rápida.

Congelación de rutina		Congelación rápida	
Grupo experimental	Viabilidad %	Grupo experimental	Viabilidad %
E1	69	E6	54.7
E2	73.3	E7	70.2 *
E3	76.2 *		
E4	74.3 *		
E5	67.7		

*grupos experimentales con mayor porcentaje de viabilidad.

Tabla 3. Porcentajes de la viabilidad obtenido por cada concentración de NaHS y GYY4137 de los grupos E3, E4 y E7 durante el proceso de congelación de rutina.

Concentraciones de NaHS	E3	E4	Concentraciones de GYY4137	E7
	Viabilidad %			Viabilidad %
Control	76.8	74.8	Control	64
100nM	85.8 *	77.8 *	3µM	65.4
400nM	86 *	77 *	30µM	69.6
700nM	77.4 *	79.2 *	100µM	72.6 *
1µM	73.2	64.6	200µM	73.4 *
5µM	75.6	76.8	400µM	76.4 *

*Porcentajes de viabilidad estadísticamente diferentes con el control.

Discusión:

A la fecha no se han realizado estudios sobre criopreservación de semen de cerdo con ácido sulfídrico y por lo tanto no existen reportes sobre sus efectos sobre la viabilidad de espermatozoides a bajas temperaturas. En este trabajo el momento de aplicación del ácido sulfídrico varió entre los grupos experimentales. Los grupos experimentales E3 y E4 donde se obtuvo la mayor viabilidad celular el donador fue agregado a 4°C, el cual es el tiempo de equilibrio durante el cual ocurre la mayor pérdida de viabilidad. Investigaciones en espermatozoides de otras especies mencionan que concentraciones altas (por arriba de 10µM) tienden a mostrar efectos negativos sobre la viabilidad, esto debido a las características del donador, en el caso del NaHS que es de liberación rápida y por tanto su concentración se eleva de golpe, en este estudio los mejores resultados se observaron con las concentraciones por debajo de 1µM. En el caso del donador GYY4137, en la congelación de rutina se obtuvieron mejores resultados que en la rápida, lo cual coincide con lo descrito por Ramírez Castillo (2021) al emplear nanopartículas de quitosán. El GYY4137 es un donador de liberación lenta que alcanzando su mayor efecto a los 120 minutos de haberse adicionado, lo que podría indicar que el tiempo de equilibrio de 15 minutos que requiere la congelación rápida, no permitió que la capacidad antioxidante del donador alcanzara su potencial.

Conclusiones:

Los datos obtenidos indican el potencial del ácido sulfídrico en la manipulación de los espermatozoides de cerdo para mantener la viabilidad a lo largo del procedimiento de criopreservación. Sin embargo, para llegar a conclusiones sólidas, es necesario evaluar otros parámetros de calidad de semen (viabilidad, integridad acrosomal y motilidad) e incluso evaluar la per-sulfuración de las proteínas para obtener resultados más completos.

Fuente financiadora

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT <IN227423>.

Referencia bibliográfica

1. Pintus, E., Jovičić, M., Kadlec, M., Ros-Santaella, J.L., 2020. Divergent effect of fast- y slow-releasing H2S donors on boar spermatozoa under oxidative stress. Sci. Rep. 10, 6508. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63489-4>

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN VARIABLES DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL DE HUEVO DE GALLINA CRIOLLA MEXICANA.

Mario Diego Trinidad¹; Fernando González Cerón^{1*}, Diego Zárate Contreras²; Arturo Pro Martinez², Eliseo Sosa Montes¹, Berenice Hernández Blancas¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

²Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: fgceron@gmail.com

Palabras clave: Pérdida de humedad, incubación artificial, huevo de gallina Criolla.

Introducción

En México, la industria avícola constituye uno de los sectores estratégicos de mayor importancia para la alimentación, representando más del 60% de la proteína animal que se consume en forma de huevo o de carne (SENASICA, 2022). La incubación artificial es una alternativa para incrementar el número de pollitos de calidad por período, asimismo se reduce la dependencia de mantener a las gallinas en estado de cloquez (Illescas-Cobos, 2022). Durante el proceso de incubación artificial se mantienen parámetros estables de temperatura y una humedad relativa que favorecen el desarrollo embrionario. Durante este proceso el huevo pierde humedad. Barboza et al. (2012) mencionan que la perdida de humedad durante el proceso de incubación de huevos de gallinas debe oscilar entre 12 y 14%, con lo cual se obtendrá una mayor tasa de eclosión y un pollito de mejor calidad. Se hipotetizó que, entre mayor sea la pérdida de humedad durante el proceso de incubación artificial de huevos de gallinas Criollas Mexicanas, menor será el peso del pollito al nacimiento y mayor será la proporción del saco vitelino respecto al peso al nacimiento del pollito. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue medir la pérdida de humedad durante el proceso de incubación artificial de huevos de gallinas Criollas y determinar el efecto en el peso del pollito al nacimiento y la proporción del saco vitelino.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. Un total de 50 gallinas y 10 gallos Criollos de 120 semanas de edad se utilizaron para producir 267 huevos fértiles, obteniendo una población de 100 pollitos. Los huevos se introdujeron en una incubadora donde estuvieron los primeros 18 días, a una temperatura entre los 37.5 °C y 37.8 °C con una humedad entre 55 y 60%. Los últimos 3 días se pasaron a la nacadora donde se mantuvo la misma temperatura, pero con una humedad entre 70-85%. Se registró el peso del huevo al día 0, 12 y 18 de incubación, posteriormente se pesó el pollito el día del nacimiento y se registró el peso vivo, después los pollitos se sacrificaron humanitariamente para extraer el saco vitelino y registrar su peso, el método empleado fue el de la “decapitación”, de acuerdo con la NOM-033-ZOO-1995. Los datos se analizaron mediante el procedimiento PRINCOMP de SAS 9.0 (SAS, 2011), donde se resume un conjunto de datos y detecta las relaciones de tipo lineal entre ellos.

Resultados y discusión

Durante el experimento, se obtuvieron los siguientes promedios de las variables de incubación: Peso del huevo al día cero ($P_0= 57.74$ g), peso del huevo al día 12 ($P_{12}= 52.13$ g), pérdida de humedad al día 12 ($PH_{12}= 9.75\%$), peso del huevo al día 18 ($P_{18}= 49.27$ g), pérdida de humedad al día 18 ($PH_{18}= 14.72\%$), peso al nacimiento ($PN= 37.76$ g) y proporción del saco vitelino ($PSV= 2.84\%$).

Dentro del análisis de componentes principales (ACP) para la pérdida de humedad, se considera $K= 2$, con un valor de explicación del 86.64% de la variabilidad total a considerar los 2 Componentes Principales (CP) simultáneamente (Cuadro 1). El primer CP explica el 70.39% de la variabilidad total, considerando 6 variables de las 7 en estudio: Peso al día 0, peso al día 12, pérdida de humedad al día 12, peso al día 18, pérdida de humedad al día 18 y proporción del saco vitelino; mientras que el segundo CP toma en mayor medida el peso al nacimiento y el peso al día 12.

Cuadro 1. Autovalores característicos, proporción de variabilidad total explicada por cada valor característico (Proporción) y proporción acumulada de la variabilidad total explicada por los valores característicos (Acumulada).

	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	4.9272901	3.7895585	0.7039	0.7039
2	1.1377316	0.5560224	0.1625	0.8664
3	0.5817092	0.3374853	0.0831	0.9495
4	0.2442239	0.1403179	0.0349	0.9844
5	0.103906	0.0991729	0.0148	0.9993
6	0.004733	0.0043268	0.0007	0.9999
7	0.0004063		0.0001	1

Se registró un acumulado de 86.64% con los primeros dos componentes principales, estos datos no se pudieron contratar con la literatura por que la información es limitada. Lorenzo et al. (2011), realizó una investigación sobre el efecto del fotoperíodo en la calidad de la canal de gallinas de desvieje, registraron acumulación de 75% del total de la varianza con los primeros 3 componentes principales y al adicionar un componente más logran explicar un 96% de la varianza. El análisis de los componentes nos ayuda a explicar las correlaciones que existen entre nuestras variables y a reducir las variables a los rasgos más significativos que nos determinan la calidad del pollito, en nuestro caso fueron el peso al día 12 respecto al peso al nacimiento.

Se presentan los vectores característicos (Cuadro 2) con los elementos del vector asociados a cada variable. En este caso CP₁ contiene elementos positivos y negativos. Los elementos positivos se asocian con las variables que explican la calidad del pollito Criollo Mexicano (P₀, P₁₂, PH₁₂ P₁₈, PH₁₈ y PSV) y sus valores son los más grandes dentro del vector característico. Por lo tanto, se infiere que el CP₁ representa la calidad del pollito. La mejor calidad del pollito se muestra en el lado positivo del eje que representa a CP₁ y la peor se muestran en el lado negativo del eje que representa a CP₁.

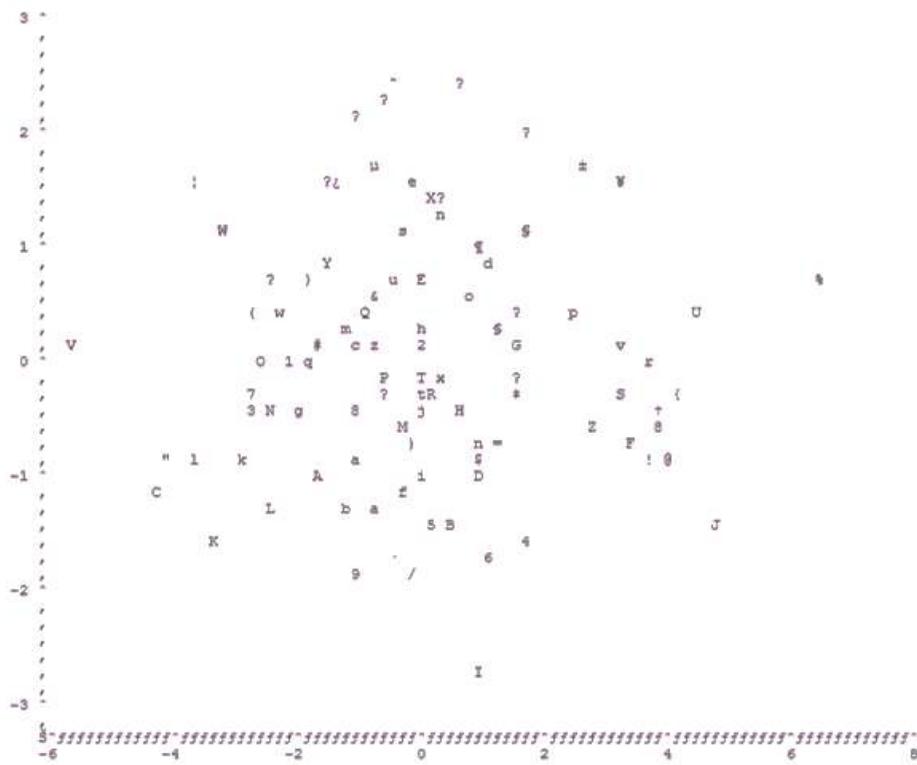
De la misma forma, el CP₂ contiene elementos positivos y negativos. Los elementos positivos con los valores más grandes dentro del vector característico se asocian con las variables que explican la calidad del pollito bajo las mejores condiciones en la incubación artificial (P₁₂ y PN). Por ello se infiere que el CP₂ representa la calidad del pollito bajo las mejores condiciones durante la incubación artificial (Figura 1). Las variables que más explican la calidad del pollito después de P₁₂ y PN se dan en el lado negativo del eje que representa CP₂ y los de menor explicación se dan del lado positivo del eje que representa a CP₂.

Cuadro 2. Vectores característicos (autovectores) con los elementos del vector asociados a cada variable.

	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄	CP ₅	CP ₆	CP ₇
P ₀	0.434462	0.187822	0.000883	-0.175791	0.450252	-0.473231	-0.564258
P ₁₂	0.363838	0.357603	-0.477705	-0.3414	-0.62838	-0.006627	0.00893
PH ₁₂	0.332095	0.122255	0.854239	-0.012666	-0.380619	-0.003368	0.000789
P ₁₈	0.443966	-0.092548	-0.024814	-0.15909	0.299814	0.819096	-0.08716
PH ₁₈	0.432832	-0.234352	-0.029709	-0.168896	0.245582	-0.303943	0.758706
PN	-0.161689	0.867486	0.081935	0.039077	0.31981	0.112021	0.31346
PSV	0.397473	0.076671	-0.184015	0.89276	-0.071152	-0.012206	0.006603

P₀= peso del huevo al día 0; P₁₂= peso del huevo al día 12; PH₁₂= pérdida de humedad del huevo al día 12; P₁₈= peso del huevo al día 18; PH₁₈= pérdida de humedad del huevo al día 18; PN= peso del pollito al nacimiento; PSV= proporción del saco vitelino; CP= componente Principal.

COMPONENTE PRINCIPAL 2



COMPONENTE PRINCIPAL 1

Figura 1. Relación entre las variables involucradas en el estudio de pérdida de humedad en huevos de gallinas Criollas Mexicanas a través de los componentes principales 1 y 2.

Conclusiones

El análisis de componente principal 2 mostró que el peso del huevo al día 12 y peso al nacimiento de los pollitos explica el 86.64% de los datos obtenidos, estableciendo que estas dos variables explican la calidad del pollito.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece a la Universidad Autónoma Chapingo y al PREGEP-Ganadería del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por el apoyo recibido para la realización de esta investigación. Este estudio, es parte de la LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Barboza Sandoval, R.E. 2012. Efecto de la edad de la reproductora y almacenaje de huevo en la calidad del huevo, pollo, peso del pollo al nacimiento y a los 42 días de edad (en línea). Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-TACNA. 83 pp.
2. Illescas-Cobos, A.A., González-Cerón, F., y Pro-Martínez, A. 2023. Caracterización morfométrica y potencial reproductivo de los huevos de gallinas Criollas Mexicanas (*Gallus gallus domesticus*) dispuestos a incubación artificial. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 25(1):1-9.
3. Lorenzo, J., Purriños, L., García, G., Garcia-Fontan, M., y Franco, D. 2011. Influencia del fotoperiodo en las características de la canal de gallinas de desvive. In Simposio científico de avicultura. 6 pp.
4. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
5. SENASICA. 2022. Riesgos en la avicultura nacional e impactos económicos en los costos de producción avícola por los brotes de influenza H5N1, en México. SENASICA. 21 pp.

EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE ÁCIDO FERÚLICO SOBRE LA TASA OVULATORIA DE OVEJAS DORPER ANOVULATORIAS SINCRONIZADAS AL ESTRO.

Margarita Cendejas-Alatorre¹, Ulises Macías-Cruz², Ma. Calderón-Leyva ¹, Fernando Arellano-Rodríguez¹, Alan Alvarado- Espino¹, Ángel-García O*³.

¹Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, ²Instituto de Ciencia Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, ³Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna,

*Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna.
*Autor para correspondencia: angelgarciao@hotmail.com

Palabras clave: Fenol, antioxidante, cuerpo lúteo.

Introducción

El ácido ferúlico (AF), es un compuesto que se encuentra en forma libre en diversas frutas, verduras, cereales y otros ingredientes que frecuentemente son utilizados en la alimentación animal (Zhao y Moghadasián, 2008). Entre las funciones el AF se encuentran los efectos anabólicos, antiinflamatorios, hepatoprotectores y citoprotector etc., debido a su fuerte actividad antioxidante que elimina los radicales libres (RL) y mejora la respuesta celular ante el estrés oxidativo, inhibiendo la acción de enzimas citotóxicas y estimulando activamente la protección celular formando agentes antioxidantes (Macuso y Santagelo, 2014). En este mismo sentido, se conoce que la capacidad antioxidante del AF tiene un impacto favorable aludido a la capacidad de este de reducir la presencia de RL al disminuir el estrés oxidativo, cuando este es añadido a la dieta en ovejas, lo cual provoca una respuesta favorable en el desempeño reproductivo y consecuentemente mejorar la actividad productiva (Macías *et al.*, 2018).

Objetivo

Evaluar el efecto de la administración de ácido ferúlico sobre la tasa ovulatoria de ovejas Dorper anovulatorias sincronizadas al estro.

Materiales y métodos

Localización y condiciones climáticas

El experimento se llevó a cabo en la posta ovina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada a 25° LN y una altitud de 1120 msnm. La precipitación media anual de 230 mm y una temperatura promedio de 24°C y máxima de 41°C en mayo y junio, respectivamente y mínima de -1 °C en diciembre y enero. La humedad relativa mínima es 26.1% y la máxima es 60.6% durante los meses de abril y mayo 2023 (CONAGUA, 2015).

Se utilizaron 14 ovejas multíparas adultas de raza Dorper anovulatorias (de 2 a 4 años de edad), homogéneas en cuanto a peso vivo (48.3 ± 1.4 kg) y condición corporal (3.2 ± 0.1 , escala de 1-5). Las hembras fueron seleccionadas al zar y asignadas a uno de dos grupos. Un primer grupo (Tratado; n=7) se le administraron 500 mg de AF/por animal por vía oral durante 7 d, mientras que un segundo grupo (Control; n=7) no recibió ningún tratamiento. Catorce días previos a la complementación, todas las hembras fueron sincronizadas al estro con un protocolo que consistió en la aplicación de esponjas intravaginales impregnada con 65 mg de medrioxiprogesterona por 9 días, y al momento del retiro, se aplicaron 200 UI de hCG por animal.

Para la determinación de la ovulación se reconocieron estructuras ováricas a través ultrasonografía transrectal, utilizando el equipo de ultrasonografía de uso veterinario, el cual cuenta con un transductor lineal de 2.5-11.0 MHz (Chison ECO2), se estimó el porcentaje de hembras ovuladas observando la presencia de al menos un cuerpo lúteo (CL) en la superficie de los ovarios, se contó el número total CL, además se determinó el tamaño (mm) del CL de cada hembra a través de ultrasonografía.

Análisis estadístico

Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.0). la tasa ovulatoria, el porcentaje de ovulación, número y tamaño de cuerpos lúteos, se analizó empleando un análisis de varianza (ANOVA GLM de SAS). Se consideró una diferencia significativa de $P<0.05$. entre tratamientos.

Resultados y discusión

El porcentaje de ovulación general para ambos grupos (100%), tamaño de CL (8.8 vs 9.7 ± 0.6 mm), no mostró diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) entre tratamientos, sin embargo, el número de CL fue mayor en el grupo tratado (2.1 ± 0.1 ; ($p \leq 0.05$) en comparación con el grupo control (1.5 ± 0.1). Los resultados del presente estudio demuestran que la administración vía oral de AF por 7 d después de la sincronización del estro en ovejas tiene un efecto sobre tasa ovulatoria. Es probable que esta respuesta en cuanto a la tasa ovulatoria en el grupo tratado se deban a la capacidad antioxidante del AF. Estos resultados están acordes con los presentados por Macías *et al.* (2018), quien menciona que la inclusión de AF en la dieta de ovejas aumenta significativamente el número total de CL. Además, Moshfegh *et al.* (2016), revelan que los extractos de *e Phoenix dactylifera*, la cual posee una potente actividad antioxidante, atribuida a la gran variedad de compuestos fenólicos que la conforman y puede crear un ambiente adecuado para la ovogénesis y mantener una fertilidad efectiva en ratones hembra, lo anterior, puede considerarse un nutriente útil para mejorar la fertilidad. Según Wang *et al.* 2023 en un experimento realizado con ovocitos bovinos, la suplementación con AF disminuye las reacciones oxidativas al mejorar la función mitocondrial, manteniendo la una alta función antioxidante celular, mejorando la formación y calidad de ovocitos potencializando así al desarrollo de los embriones. Los resultados del presente estudio demuestran que la administración de AF puede ser una alternativa para mejorar la respuesta reproductiva en ovejas Dorper.

Conclusiones

La administración con ácido ferúlico tuvo un efecto positivo sobre la tasa ovulatoria de ovejas Dorper sincronizadas al estro, al aumentar el número de cuerpos lúteos. Se propone que para futuras investigaciones la administración del AF sea por un periodo más prolongado, y administrar una dosis mayor, además de determinar algunos parámetros metabólicos relacionados con la respuesta reproductiva.

Agradecimientos

Agradezco a la subdirección de investigación por apoyar en la financiación del proyecto denominado efecto del ácido ferúlico sobre parámetros metabólicos y respuesta reproductiva en ovejas Dorper, con número de referencia de aprobación institucional 38111-425501002-2773, del cual se derivan los resultados de este trabajo y al programa de posgrado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna por permitir mi formación académica.

Referencias bibliográficas

1. Macías-Cruz, U., Vicente-Pérez, R., López-Baca, M. A., González-Ríos, H., Correa-Calderón, A., Arechiga, C. F., & Avendano-Reyes, L. (2018). Effects of dietary ferulic acid on reproductive function and metabolism of pre-pubertal hairbreed ewes during the anestrous season. *Theriogenology*, 119, 220-224.
2. Mancuso, C., & Santangelo, R. (2014). Ferulic acid: pharmacological and toxicological aspects. *Food and Chemical Toxicology*, 65, 185-195.
3. Moshfegh, F., Baharara, J., Namvar, F., Zafar-Balanezhad, S., Amini, E., & Jafarzadeh, L. (2016). Effects of date palm pollen on fertility and development of reproductive system in female Balb/C mice. *J Herbmed Pharmacol*, 5(1), 23-28.
4. Wang, Y., Qi, J. J., Yin, Y. J., Jiang, H., Zhang, J. B., Liang, S., & Yuan, B. (2023). Ferulic acid enhances oocyte maturation and the subsequent development of bovine oocytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(19), 14804.
5. Zhao, Z., & Moghadasian, M. H. (2008). Chemistry, natural sources, dietary intake and pharmacokinetic properties of ferulic acid: A review. *Food Chemistry*, 109(4), 691-702.

EFECTO DEL ACEITE DE MORINGA OLEIFERA SOBRE EL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE CARNEROS BLACK-BELLY.

Oscar Ángel-García^{1*}, Guadalupe Calderón-Leyva², Alan S. Alvarado-Espino², Fernando Arellano-Rodríguez², Ángeles De Santiago-Miramontes², Francisco G. Véliz-Déras².

¹Departamento de Ciencias Medico Veterinarias, UAAAN UL, ²Departamento de Producción Animal, UAAAN UL.

*Autor para correspondencia: angelgarciao@hotmail.com

Palabras clave: Aceite de moringa, comportamiento sexual.

Introducción

La aplicación de distintos productos que se aprovechan de la naturaleza en tratamientos que ayudan a la infertilidad en humanos es una propuesta que puede ser una posible solución a los tratamientos habituales. Como ejemplo, el polvo de *Angelica keiskei* y el extracto de *Astragalus mongholicus* muestran un efecto en su eficiencia contra la infertilidad en mujeres y hombres (Noh et al., 2020). Recientemente una serie de estudios han identificado plantas que pueden mejorar la fertilidad (Lans et al., 2018) y propiedades psicofarmacológicas que mejoran el comportamiento sexual (Kotta et al., 2013). Por ejemplo, se conoce que *Eurycoma longifolia* aumenta la concentración sérica de testosterona, tiene efectos favorables a la fertilidad en animales, y tiene propiedades afrodisíacas (Solomon et al., 2014). Por otra parte, se ha demostrado que la suplementación con *M. oleifera* aumenta el 20% de las células espermáticas viables provocando una mejora en los parámetros de calidad seminal en ovinos y bufalos (Wafa et al., 2017).

Objetivo

Evaluar el efecto de la administración de aceite de *Moringa oleifera* sobre el comportamiento sexual de carneros de la raza Black-Belly.

Materiales y métodos

Lugar de estudio, condiciones climáticas y manejo de los carneros.

El experimento se realizó en el Ejido Granada, Mpio. de Matamoros, Coahuila (norte de México), durante la época de otoño (Octubre-Noviembre) de 2021 en el norte de México (25°LN) bajo un sistema de producción ovino intensivo. El clima de la región es semidesértico, El lugar tiene una altitud de 1,139 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm. La humedad relativa oscila entre 26 y 61 %; los rangos de fotoperiodo de 13 h 41 min. durante el solsticio de verano (junio) a 10 h 19 min. durante el solsticio de invierno (diciembre); una temperatura que oscila entre 6 °C en invierno y 37 °C en verano (CONAGUA, 2015).

Se utilizaron 8 carneros, homogéneos en cuanto a peso vivo (PV; 48.4± 3.0 kg) y condición corporal (CC; 3.1 ± 0.3 unidades). Durante el período experimental los carneros fueron alimentados con residuos de alimentos de una unidad de vacas lecheras Holstein. Su ración estaba compuesta principalmente de heno de alfalfa, ensilaje de maíz y grano de maíz. Los carneros fueron alimentados dos veces al día (1000 y 1800 h) y tenía libre acceso al agua y sales minerales y corrales provistos de sombra.

Tratamiento de los carneros.

Se utilizaron 8 borregos adultos de la raza Black-Belly, homogéneos en cuanto al peso vivo (PV; 48.4± 3.0 kg) y condición corporal (CC; 3.1 ± 0.3 unidades). Los machos fueron seleccionados completamente al azar, y asignados a dos tratamientos: 1) machos tratados (Tratado; n=4) con 5 mL vía oral de aceite de *M. Oleifera* (4.05 g = 97.5 mg x kg de PV), 2) machos tratados (Control; n=4) con 5 mL de solución salina fisiológica vía oral, ambos tratamientos se aplicaron por un periodo de 28 días

Determinación del comportamiento sexual

Al final de los tratamientos se registró el comportamiento sexual apetitivo (CSA; olfateos ano-genital, olfateos corporales, aproximación, pataleos, vocalizaciones, desenvaines, flehmen) y comportamiento sexual consumatorio (CSC; Intentos de monta, montas con penetración, montas con desenvainé, montas con eyaculación), y que consistió en registrar el número de conductas al exponer a cada macho con una hembra en celo durante 15 min. por dos días seguidos. Además, se registró la latencia al eyaculado de cada macho. Los registros de frecuencias del CSA, CSC y latencia al eyaculado se describen previamente por Calderón-Leyva et al. (2017).

Resultados y discusión

Los resultados del presente estudio demuestran que la latencia al eyaculado fue menor en el grupo tratado (176 seg.) en comparación (269 seg.) con el grupo control ($p<0.05$). Respecto al CSB, los machos del grupo tratado mostraron un 59% comparado con el 41% del grupo control ($P<0.05$). Mientras que el CSC fue del 47% para el grupo tratado y control y de 53% no mostrando diferencia estadística ($P>0.05$). Es probable que este mayor CSB en los machos tratados se deba a que el aceite de *M. oleifera* contiene propiedades psicofarmacológicas que estimularon las concentraciones de testosterona. En efecto, se conoce que algunas plantas tienen propiedades que aumenta la concentración sérica de testosterona, y tienen efectos favorables sobre la fertilidad en animales, y estimulan la libido (Solomon et al., 2014).

Conclusiones

Los resultados obtenidos del presente estudio nos permiten concluir que los machos tratados con aceite de *M. Oleifera* tuvieron una menor latencia al eyaculado (s), así como un mayor comportamiento sexual de búsqueda (CSB). Lo anterior, puede ser una alternativa viable para estimular el comportamiento sexual en ovinos. Es probable que este sea el primer reporte que demuestra que el aceite de moringa tiene un efecto positivo sobre el comportamiento sexual en carneros de la raza Black-Belly.

Referencias bibliográficas

1. Calderón-Leyva, G., Meza-Herrera, C. A., Rodriguez-Martinez, R., Angel-García, O., Rivas-Muñoz, R., Delgado-Bermejo, J. V., & Véliz-Deras, F. G. (2018). Influence of sexual behavior of Dorper rams treated with glutamate and/or testosterone on reproductive performance of anovulatory ewes. *Theriogenology*, 106, 79-86.
2. Kotta, S., Ansari, S. H., & Ali, J. (2013). Exploring scientifically proven herbal aphrodisiacs. *Pharmacognosy reviews*, 7(13), 1
3. Noh, S., Go, A., Kim, D. B., Park, M., Jeon, H. W., & Kim, B. (2020). Role of antioxidant natural products in management of infertility: a review of their medicinal potential. *Antioxidants*, 9(10), 957.
4. Solomon, M. C., Erasmus, N., & Henkel, R. R. (2014). In vivo effects of *Eurycoma longifolia* Jack (Tongkat Ali) extract on reproductive functions in the rat. *Andrologia*, 46(4), 339-348.
5. Wafa, W. M., El-Nagar, H. A., Gabr, A. A., & Rezk, M. M. (2017). Impact of dietary *Moringa oleifera* leaves supplementation on semen characteristics, oxidative stress, physiological response and blood parameters of heat stressed buffalo bulls. *Journal of Animal and Poultry Production*, 8(9), 367-379.

EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE UN PRECURSOR DE ENERGÍA SOBRE LA RESPUESTA REPRODUCTIVA DE OVEJAS DORPER SINCRONIZADAS AL ESTRO.

Esmeralda Favela -Puentes^{3*}, Ma. Guadalupe Calderón-Leyva², Fernando Arellano-Rodríguez², Alan Sebastián Alvarado-Espino², Oscar Ángel-García¹

¹Departamento de Ciencias Médico Veterinarias. UAAAN UL

²Departamento de Producción Animal, UAAAN UL

³Estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAAAN UL

*Autor para correspondencia: favela.puentes.esmeralda@gmail.com

Palabras clave: Energía, ovulación, cuerpos lúteos.

Introducción

La táctica de la nutrición animal eleva la actividad reproductiva, ajusta el inicio de la pubertad, desarrollo folicular y por ende el desarrollo embrionario por lo cual es un componente fundamental para la eficiencia reproductiva del animal (Alvarez *et al.*, 2019). Las propiedades de los recursos alimenticios aunados a una mala utilización, altera el equilibrio nutricional determinado por una deficiencia energética (Galvis y Correa., 2002).

Los protocolos de sincronización aumentan la eficiencia reproductiva junto con el uso de hormonas y en adicional el uso del glucógeno genicos, estimulan el desarrollo folicular y ovulación, obteniendo un cuerpo luteo con mayor capacidad de ser fertilizado durante la época reproductiva de las ovejas (Santos *et al.*, 2011). El uso de protocolos hormonales, en un tiempo relativamente corto, reducen el tiempo de exposición a la hormona, sin afectar su efectividad en porcentaje de estro, gestación, fertilidad y prolificidad (López *et al.*, 2023).

Objetivo

Evaluar el efecto de la administración de un precursor de energía sobre la respuesta reproductiva de ovejas Dorper anovulatorias sincronizadas al estro.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la posta ovina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. El área de estudio se encuentra a una altitud 1120 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015). El estudio se realizó en los meses de abril y mayo de 2024.

Durante el periodo experimental, las ovejas fueron alimentadas dos veces al día (800 am) con heno de alfalfa (22% PC) y 1.5 Mcal de energía metabolizable (EM)/ kg de materia seca (MS) para cubrir sus requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Las hembras son alojados en corrales provistos de sombra y manejadas bajo condiciones intensivas. Los animales tuvieron agua limpia y sales minerales a libre acceso. Confirmación del estatus de anestro y tratamiento de los animales

Las ovejas se sometieron a una exploración ecográfica transrectal realizada por un solo operador experimentado, utilizando un ultrasonido (Chison ECO2) con un transductor de 2.5 a 11.0 MHz (Corometrics Medical Systems, Inc., Wallingford, CT, EE. UU.). Durante la exploración, las hembras se colocaron en posición de pie. Se aplicó una capa de carboximetilcelulosa al transductor como medio de acoplamiento. Una vez que los cuernos uterinos estuvieron claramente ubicados, el transductor se rotó 90° en el sentido de las agujas del reloj y 180° en el sentido contrario a las agujas del reloj a través del tracto reproductivo hasta que se escanearon ambos ovarios para evaluar el estado funcional ovárico. Las ovejas con cuerpo lúteo se descartaron del estudio, solo se utilizaron animales que se encontraban en fase folicular.

Se seleccionaron 16 ovejas multíparas adultas de la raza Dorper (de 2 a 4 años de edad), homogéneas en cuanto a peso vivo (PV; 46.4± 2.2 kg) y condición corporal (CC; 3.0 ± 0.1 unidades), según escala de 5 puntos de Russel *et al.* (1969). Las ovejas se asignaron bajo un diseño completamente al azar a dos tratamientos: un primer grupo (tratado; n=7) fue tratado con esponjas intravaginales (65 mg de acetato medroxiprogesterona) por 6 d y al momento del retiro se administró 200 UI eCG (día 0), mientras que un segundo grupo (Control; n=8) no recibió ningún tratamiento. Al día 0 al grupo tratado se le administró vía oral 100 ml de propanodiol de calcio durante 4 días (día 0 al 4).

Actividad estral y respuesta reproductiva.

Se registró la actividad estral, que consistió en observar la ocurrencia diaria de ovejas que mostraban signos de celo durante los 7 días del período de empadre, para lo cual se utilizaron dos carneros sexualmente activos. Todas las hembras detectadas en celo recibieron al menos una monta directa. Posteriormente, se calculó la tasa de respuesta al estro considerando el número de hembras en celo después de la administración de hCG / número de hembras tratadas × 100. El estro se observó durante 15 min dos veces al día (0800 y 1800 h).

El Intervalo de inicio del estro, se determinó registrando el intervalo entre el día de la administración de hCG y la aparición del estro. El inicio del estro se definió como el tiempo transcurrido entre la inyección de hCG y el primer servicio. La duración del estro se definió como el tiempo transcurrido entre la primera y la última monta aceptada por la hembra dentro del período de estro.

El porcentaje de ovulación se determinó contando el número de CL en la superficie de ambos ovarios de todas las ovejas alrededor del día 13 después de la primera monta, mediante ecografía transrectal. Además, se determine el número de cuerpos lúteos, contando el número de cuerpos lúteos en la superficie de ambos ovarios.

Resultados y discusión

El porcentaje general de ovulación en ovejas fue del 93% para ambos grupos ($p>0.05$). El intervalo de inicio del celo fue mayor en el grupo control (49.7 ± 1.0 h), siendo menor en las ovejas del grupo tratado (43.5 ± 1.5 h; $p<0.05$). Mientras que la duración del celo fue similar (19.0 ± 4 h vs 15 ± 0.6 h) para ambos grupos($p>0.05$). La tasa ovulatoria (1.3 ± 0.2 vs 1.5 ± 0.2), no mostró diferencia para ambos grupos ($p>0.05$). Es probable que esta respuesta en cuanto a la tasa ovulatoria se deba a que los animales utilizados en este estudio estaban bien alimentados. En efecto, los resultados obtenidos por Gómez *et al.* (2002), en sus investigaciones demuestra que una subnutrición tiene una influencia negativa sobre el desarrollo folicular y respuesta reproductiva. Estos resultados contrastan a los encontrado por Alvarez *et al.* (2019), que menciona que los precursores energéticos estimulan la secreción hormonal favoreciendo la eficiencia reproductiva en ovejas tratadas. Los resultados obtenidos demuestran que el uso de un precursor energético no mejoró la tasa ovulatoria, sin embargo, el intervalo de inicio del estro (h) fue menor en las ovejas del grupo tratado

Conclusiones

EL uso de un precursor glicoconeogénico reduce el intervalo inicio de celo. Sin embargo, no mejoró la tasa ovulatoria en ovejas sincronizadas al celo. Se propone para futuras experimentaciones una suplementación más prolongada del glucogénico podría influir positivamente respuesta reproductiva más favorable.

Referencias bibliográficas

1. Alvarez-Cardona, F., Maki-Díaz, G., Franco-Robles, E., Cadena-Villegas, S., & Hernández-Marín, A. (2019). L-Arginina, Aspartato y Glutamato, y su relación con la reproducción de ovejas. *Revisión. Abanico veterinario*, 9.
2. Santos, G. M. G., Silva-Santos, K. C., Melo-Sterza, F. A., Mizubuti, I. Y., Moreira, F. B., & Seneda, M. M. (2011). Reproductive performance of ewes treated with an estrus induction/synchronization protocol during the spring season. *Anim Reprod*, 8(1), 2.
3. López-García, S., Sánchez-Torres Esqueda, M. T., Cordero-Mora, J. L., Figueroa-Velasco, J. L., Martínez-Aispuro, J. A., & Salinas Ríos, T. (2023). Sincronización de estros en ovejas mediante protocolo de 6 días con CIDR de primera, segunda y tercera reutilización. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 14(3), 610-621.
4. Alvarado-Espino, A. S., Meza-Herrera, C. A., Carrillo, E., González-Álvarez, V. H., Guillen-Muñoz, J. M., Ángel-García, O., ... & Véliz-Deras, F. G. (2016). Reproductive outcomes of Alpine goats primed with progesterone and treated with human chorionic gonadotropin during the anestrus-to-estrus transition season. *Animal reproduction science*, 167, 133-138.
5. Gómez, R. D. G., & Cardona, H. J. C. (2002). Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: es la actividad gluconeogénica el eslabón perdido?. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(1), 36-50.

EVALUACIÓN DEL ÁCIDO SULFHÍDRICO Y DE LA LACTOFERRINA EN LA MADURACIÓN DE OVOCITOS DE CERDA.

Karen Natalia López-Juárez¹, Erica Reneé Lara-Juárez¹, José Francisco Torres-Quiróz², Emilio Espinoza-Simón², Noé Orlando Juárez-López.³, Alejandro Córdova-Izquierdo⁴, María de Lourdes Juárez-Mosqueda^{1*}

¹ Departamento de Morfología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. ²Departamento de Bioquímica y Biología estructural, Instituto de Fisiología Celular, Universidad Nacional Autónoma de México. ³Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. ⁴Departamento de Producción Agrícola y Animal, UAM-Xochimilco.

*Autor para correspondencia: luerfco@unam.mx

Palabras clave: Maduración *in vitro*, ácido sulfídrico, lactoferrina

Introducción

La maduración *in vitro* (*MIV*) de células germinales ha tomado gran relevancia en los últimos años, sin embargo, aún enfrenta desafíos que llevan a buscar alternativas para mejorar las tasas de maduración y con ello elevar la obtención de embriones. En el caso del gameto femenino para alcanzar dicho objetivo se deben obtener ovocitos que mediante *MIV* alcancen el estadio de metafase II, etapa en donde las células pueden ser fertilizadas [1]. Se sabe que, durante la etapa de crecimiento, el ovocito transcribe RNAs mensajeros que almacena de forma inactiva, los cuales durante el proceso de maduración son activados para servir como aporte proteico durante la transición del ovocito a embrión [2]. Estos genes, denominados genes de efecto materno, incluyen a Zar1 (zygote arrested-1) una proteína altamente conservada en diversas especies y aunque su ausencia fue relacionada inicialmente con el arresto embrionario en el estadio de una célula, diversas investigaciones han señalado que su función principal es regular la maduración meiótica del ovocito [3].

El ácido sulfídrico (H_2S), es una molécula gaseosa que se encuentra de manera endógena en el organismo, donde participa de manera importante en la señalización celular y también se le atribuyen propiedades antioxidantes. En la especie porcina se señala que su suplementación en el medio de cultivo ejerce efectos benéficos en la regulación de la maduración de los ovocitos, sin interferir en el desarrollo de la competencia adquirida durante la maduración *in vitro* [4]. La lactoferrina (Lf) es una proteína que se encuentra presente en el fluido folicular de humano, al igual que en el fluido del oviducto y del calostro [1]. Se sabe que la Lf forma parte de la respuesta inmune no específica de mamíferos, esto principalmente a sus múltiples funciones entre las que se destaca su papel como antioxidante. No se sabe con certeza el papel de la Lf en la maduración de los ovocitos, pero se menciona que puede tener un papel muy importante en el proceso de reproducción [5].

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación del hidrosulfuro de sodio como donador de H_2S y el de la Lf en la maduración de ovocitos de cerda, mediante la evaluación de la concentración de la proteína Zar-1 como un marcador del desarrollo embrionario temprano.

Metodología

Los ovarios fueron colectados de hembras recién sacrificadas en el rastro y transportados en solución salina fisiológica atemperada a 37°C. Los ovocitos se obtuvieron mediante aspiración folicular y con ayuda de un microscopio estereoscópico se seleccionaron aquellos que obtuvieron al menos 3 capas compactas de células de la granulosa. Los ovocitos seleccionados fueron divididos en los siguientes tratamientos: 1) inmaduros, 2) control, 3) donador de H_2S (hidrosulfuro de sodio 0.3 mM) y 4) lactoferrina (1 mg/ml), para su posterior maduración en medio TCM 199 suplementado con: HEPES 2.5mM, cisteína 100 µg/ml, fluido folicular porcino 10%v/v, suero fetal bovino 10%v/v, piruvato de sodio 0.91 mM, gentamicina 50 µg/ml, FSH 50UI, LH 50UI, dextrosa 5 mM. Los ovocitos fueron incubados en atmósfera húmeda por 22 horas a 37°C y 5% de CO₂. Posteriormente se transfirieron a medio libre de hormonas (previamente equilibrado) y se incubaron por 22 horas más, bajo las condiciones anteriores. Para la evaluación de la maduración nuclear los ovocitos se montaron en un portaobjetos con el medio de montaje Vectashield conteniendo DAPI y se observaron al microscopio de fluorescencia. La proteína ZAR1 fue evaluada mediante la técnica de western blot (100 ovocitos fueron empleados por cada tratamiento para la extracción de las proteínas).

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se utilizó el software estadístico R versión 4.3.2. Para comparar las proporciones, se aplicó la prueba χ^2 de homogeneidad de proporciones utilizando la función *prop.test* de la librería *stats* versión 4.3.2. Se rechazó la hipótesis nula de igualdad de proporciones con un nivel de significancia $\alpha \leq 0.05$. Para calcular la cantidad relativa de la proteína ZAR1 se empleó la aplicación GelAnalyzer 23.1.1 (disponible en www.gelanalyzer.com) por Istvan Lazar Jr., PhD e Istvan Lazar Sr., PhD, CSc.

Resultados y discusión

La evaluación de la maduración nuclear (Tabla 1) arrojó los siguientes resultados: 49.5% de tasa de maduración del grupo control, contra un 36.4% con donador de H₂S y 64.2% con medio de maduración suplementado con Lf; siendo esta proteína la que mantuvo una tasa mayor de maduración ($p= 0.0004275$). Por lo que la Lf es una proteína relevante en la MV. El que la tasa de maduración más baja corresponda al medio suplementado con el donador de H₂S, contrasta con lo reportado por otros investigadores en donde mencionan haber obtenido una mayor tasa de maduración adicionando H₂S. Sin embargo, varios estudios comprueban que los ovocitos responden mejor al tratamiento cuando son procesados sin células de la granulosa (CG), lo cual podría explicar los resultados obtenidos en este estudio [4]. Cabe señalar que, al comparar la expansión de las CG's de cada tratamiento, en los medios suplementados con H₂S y lactoferrina hubo mayor expansión a las primeras 22 hrs de incubación, manteniendo las CG's en buen estado y sin disiparse; en contraste con el grupo control donde las CG's se mostraron con poca y/o nula expansión e inclusive a las siguientes 22 hrs los ovocitos ya habían perdido parte de sus CG's (datos no mostrados).

Tabla 1. Porcentaje de la maduración nuclear en los ovocitos de cerda suplementados con H₂S y lactoferrina.

Tratamiento	Ovocitos evaluados	Etapa de maduración nuclear		
		Vesícula germinal	Metafase II	Degenerados
Control	101	32 (31.7%)	50 (49.5%) ^a	19 (18.8%)
Donador de H ₂ S	107	57 (53.3%)	39 (36.4%) ^b	11 (10.3%)
Lactoferrina	95	34 (35.8%)	61 (64.2) ^c	0 (0%)

Finalmente, como marcador del desarrollo embrionario temprano, se evaluó la expresión de ZAR1. El estudio de inmunodetección reveló la presencia de la proteína como una banda de 45kDa (Fig. 1A). Los valores de la densidad relativa de las bandas reveladas (Fig. 1B) mostraron que en los ovocitos control fue de 1.32, al igual que para los ovocitos suplementados con H₂S, correspondiendo el valor más bajo de 1.20 a los ovocitos suplementados con lactoferrina, mientras que los ovocitos inmaduros tuvieron el valor más alto (1.82). A este respecto, las investigaciones señalan que la proteína ZAR1 exhibe una mayor abundancia en la etapa temprana de la ovogénesis, pero su presencia va disminuyendo hasta dejar de expresarse; la etapa del desarrollo embrionario en la que deja de expresarse depende de la especie [3]. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con la ventana de expresión de la proteína ZAR1, siendo el medio suplementado con Lf el que mayor porcentaje de ovocitos maduros produjo. Se ha establecido que en los ovocitos inmaduros en crecimiento las proteínas ZAR se unen a transcriptos maternos e inhiben su traducción, mientras en ovocitos completamente desarrollados durante la maduración meiótica promueven su traducción [3]. Investigaciones se están llevando a cabo para valorar si los resultados obtenidos se relacionan con la capacidad antioxidante de la Lf.

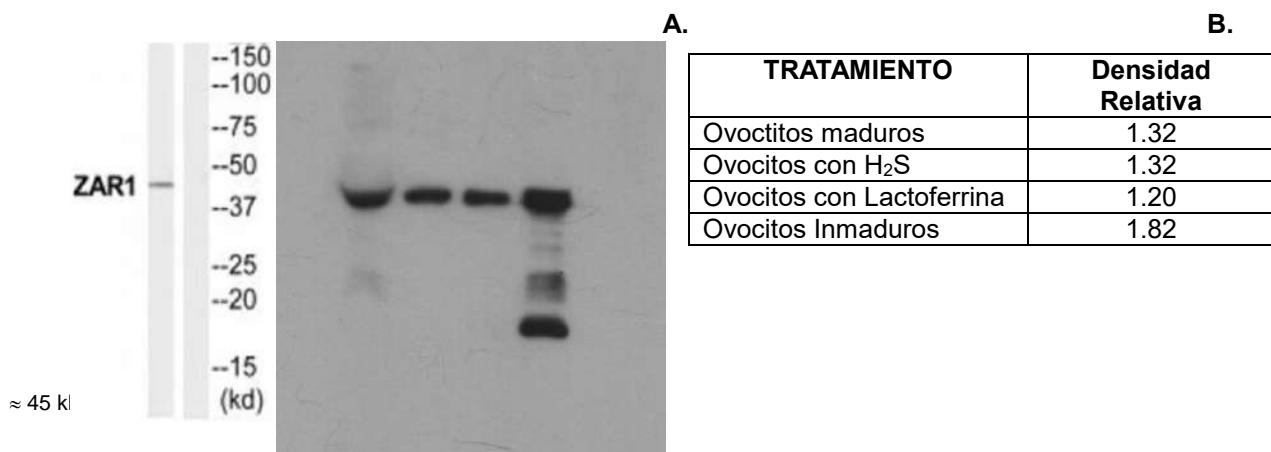


Figura 1. Expresión y cuantificación relativa de la proteína ZAR1 en ovocitos de cerda bajo las diferentes condiciones experimentales. **A)** Western blot del lisado de ovocitos utilizando el anticuerpo específico anti-ZAR1 mostrando una banda de \approx 45 Kda. Línea 1 grupo control, Línea 2 ovocitos madurados con el donador de H₂S, Línea 3 ovocitos madurados con lactoferrina, Línea 4 ovocitos inmaduros. **B)** Densidad relativa de las bandas de 45 kDa reveladas por western blot evaluadas mediante la aplicación GelAnalyzer 23.1.1, tomando como referencia la banda de los ovocitos inmaduros.

Conclusiones

La maduración nuclear de los ovocitos de cerda no mejora con la adición de H₂S al medio de cultivo, por el contrario, disminuyó en comparación con el grupo control a pesar de que las CG's se expanden y se mantienen en buen estado. Esto se confirma con el western blot donde el valor de densidad de la proteína ZAR1 es alto en comparación con Lf, proteína que sí mejora la maduración.

Fuente financiadora

Proyecto apoyado por la DGAPA-UNAM (PAPIIT IN227423).

Referencias bibliográficas

- Yanaihara M.D, Mitsukawa AB, Agr B, Shinji I, Katsufumi O, Toshihiro K, Takashi Okai, High concentrations of lactoferrin in the follicular fluid correlate with embryo quality during in vitro fertilization cycles. *Fertility and Sterility*, 2007, 87 (2): 279-282.
- Burrola-Barraza, M. & González-Rodríguez E., (2015). Effects of maternal mRNA on the maturation of the oocyte and early embryonic development in mammals. Review. *Rev Mex Cien Pecu* 2015;6 (1): 39-68.
- Yu-Ke, W. & Heng-Yu, F. (2022). Revisiting ZAR proteins: the understudied regulator of female fertility and beyond. *Cellular and Molecular Life Sciences* 79:92 <https://doi.org/10.1007/s00018-022-04141-4>.
- Nevoral, J., Petr, J., Gelaude, A., Bodart, J., Kucerova-Chrpova, V., Sedmikova, M., Krejcová, T., Kolbabova, T., Dvorakova, M., Vyskocilova, A., Weingartova, I., Krivohlavkova, L., Zalmanova, T. & Jilek, F. (2014). Dual Effects of Hydrogen Sulfide Donor on Meiosis and Cumulus Expansion of Porcine Cumulus-Oocyte Complexes. *PLoS One*. 2014; 9(7): e99613.
- Zumoffen CM, Gil R, Caille AM, Morente C, Munuce MJ, Ghersevich SA, A protein isolated from human oviductal tissue in vitro secretion, identified as human lactoferrin, interacts with spermatozoa and oocytes and modulates gamete interaction, *Human Reproduction*, 2013, 28 (5): 1297–1308.

LA HORMONA ESTIMULANTE DE LA TIROIDES (TSH) PROMUEVE LA SECRECIÓN DE ESFINGOSINA-1-FOSFATO (S1P) PARA MEDIAN LA VIABILIDAD DE CÉLULAS FOLICULARES TIROIDEAS.

David González-Aretia¹, Cyndi Gabriela Hernández-Coronado², Adrián Guzmán², Zaire Belen Medina-Moctezuma¹, Francisco José Fernández-Perrino³, Ana María Rosales-Torres^{2*}.

¹.Estudiante de Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

².Departamento Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Ciudad de México, México.

³. Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: anamexico@gmail.com

Palabras clave: Tirocitos, esfingosina-1-fosfato, hormona estimulante de la tiroides, bovino

Introducción

El folículo tiroideo es la unidad funcional de la glándula tiroides, está formado por células foliculares tiroideas (tirocitos) y una luz llena de líquido llamado coloide (Khan & Farhana 2022). Las células foliculares tiroideas se especializan en sintetizar y secretar triyodotironina (T3) y tiroxina (T4) en respuesta al estímulo de la hormona estimulante de la tiroides (TSH). La TSH es una hormona glicoproteica sintetizada y liberada por células tirótopas ubicadas en la adenohipófisis en respuesta de la hormona liberadora de tirotropina (TRH) proveniente del hipotálamo (Sarapura, Gordon, & Samuels, 2011). Para llevar a cabo sus efectos biológicos, la TSH, actúa a través de un receptor de siete dominios transmembrana acoplado a una proteína Gs (GPCR), (Sarapura & Samuel, 2017). Al unirse a su receptor, la TSH activa a la enzima adenilato ciclasa (AC) que cataliza la conversión de ATP en AMP cíclico para activar la proteína quinasa A (PKA) y con ello la activación de diversas vías de señalización involucradas en la sobrevivencia y proliferación de los tirocitos, así como la síntesis de las hormonas tiroideas triyodotironina (T3) y tiroxina (T4; Morshed et al., 2013). Si bien, esta es la vía clásica que siguen todas las hormonas que actúan a través de los GPCR para llevar a cabo sus efectos biológicos, resultados de nuestro laboratorio han mostrado en células de la granulosa y células de la teca que la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), actuando también a través de GPCR estimulan la síntesis de S1P, y que este metabolito de esfingolípidos participa como un mediador de los efectos de viabilidad de las gonadotropinas sobre las células foliculares ováricas (Medina-Moctezuma et al., 2023; González-Aretia et al., 2024).

La S1P, actúa como mediador extracelular y como segundo mensajero para estimular la proliferación, sobrevivencia y migración en varios tipos celulares (Hernández-Coronado et al., 2019). La síntesis de S1P está mediada por muchas señales extracelulares incluyendo hormonas, factores de crecimiento, neurotransmisores y la propia S1P. La unión de estas moléculas con sus respectivos receptores activa a la esfingosina cinasa 1 (SK1) a través de cinasas como PKA o PKC para convertir la esfingosina en S1P (Hernández-Coronado, et al., 2019). La información respecto a los efectos de la S1P sobre los tirocitos es limitada, sin embargo, en líneas celulares tiroideas FRTL-5 y PCCI3 se ha reportado la presencia de los receptores 2 y 3 de S1P (S1PR2/S1PR3) y que la adición de S1P al medio de cultivo de células FRTL-5 promueve la proliferación celular al aumentar la expresión de c-fos y la síntesis de ADN (Törnquist, 2012; Törnquist, 2013).

Objetivo

Determinar si la TSH estimula la síntesis de la S1P y si esta molécula actúa como mediador de la viabilidad inducida por TSH en células foliculares tiroideas.

Materiales y métodos

Se colectaron glándulas tiroides de bovinos Holstein sacrificados en un rastro particular ubicado en Temamatla, Estado de México. La glándula fue cortada en pequeños fragmentos y puestos en digestión enzimática (100 mg de tejido/ 1 mL de digestión enzimática) el cual contenía 1.13 mg/mL de collagenasa (Sigma C2674) y 0.1 mg/mL de DNAsa (Sigma DN25) en DPBS 1x (Gibco 14200-075) a 37°C. Se eliminaron los eritrocitos con un buffer que contenía: 0.16 M de NH4Cl y 0.17 M de Tris-base a un pH de

7.65 y para evitar la formación de cúmulos celulares, se adicionaron al pellet 250 μ L de tripsina al 0.05%. Para cada cultivo se utilizaron células provenientes de una glándula tiroidea sembrando 50,000 células/pozo en placas de 96 pozos. Para el cultivo, se usó medio suplementado McCoy's 5^a modificado y las células se cultivaron en una atmósfera de 5% de CO₂ a 37 °C y 90% de humedad con un periodo de estabilización de 24 horas y un recambio con la adición de tratamientos a las 48 horas. Con el fin de evaluar si la TSH aumenta el número de células viables y estimula la síntesis de S1P en células tiroideas, se realizaron 4 cultivos con 3 repeticiones usando los siguientes tratamientos: control, 0.1mU de TSH, 1mU de TSH y 10mU de TSH. Se midió la viabilidad celular utilizando la técnica de MTT. En el medio de cultivo se determinaron las concentraciones de S1P mediante la técnica de ensayo de inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA) utilizando el estuche comercial Bovine Sphingosine 1-Phosphate ELISA Kit (S1P; Mybiosource-San Diego, CA, MBS7264097). Para determinar si la S1P es mediador de los efectos de viabilidad celular de la TSH, se utilizó un inhibidor de SK1 (PF-543). Se realizaron 4 cultivos con 3 repeticiones bajo las mismas condiciones que el experimento anterior. Los tratamientos utilizados para estos grupos fueron: 10mU de TSH, 10mU TSH + 0.1 μ M PF-543, 10mU TSH + 1 μ M PF-543 y 10mU TSH + 10 μ M PF-543. La viabilidad celular se determinó también por la técnica de MTT y se determinaron las concentraciones de S1P en el medio de cultivo por la técnica de ELISA. Las medias de las concentraciones de S1P y viabilidad en respuesta a los tratamientos fueron analizadas por un análisis de varianza (ANOVA), seguido de un análisis de contrastes comparando los diferentes tratamientos respecto al control.

Resultados y discusión

Los resultados mostraron que, la adición de 1 y 10 mU de TSH al medio de cultivo incremento ($P<0.05$) el número de células foliculares tiroideas viables (Figura 1A). En células WRT, el uso de 1mU/mL de TSH en presencia de nitroprusiato de sodio (SNP; un inductor de apoptosis), reduce la apoptosis, lo que implica un papel importante de esta hormona como factor de supervivencia probablemente a través de la señalización de AMPc y la activación de Rap1 (Saavedra et al., 2002).

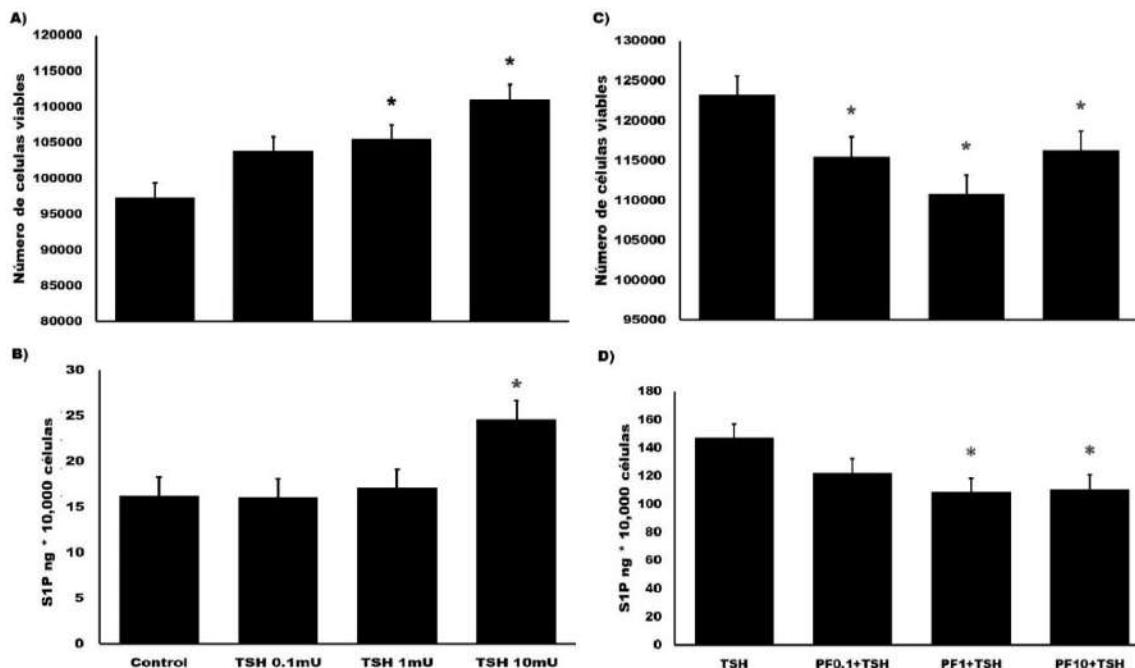


Figura 1. A) y B) Efecto de TSH (0.1, 1 y 10 mU) sobre el número de células viables y concentración de S1P en el medio de cultivo a las 48 horas de células tiroideas de bovino. * representa diferencia significativa ($P<0.05$) respecto al grupo control. C) y D) Efecto del inhibidor PF-543 (0.1, 1 y 10 μ M) en presencia de TSH (10mU) y TSH solo a las 48 horas de cultivo sobre C) el número de células tiroideas viables y D) la concentración de S1P. * representa diferencia significativa respecto al tratamiento con TSH.

En relación con los efectos de TSH sobre la producción de S1P, nuestros resultados muestran que al añadir 10 mU de TSH (Figura 1B) al medio de cultivo, se incrementan ($P<0.05$) las concentraciones de S1P respecto al control, sin efectos ($P>0.05$) con el uso de 0.1 y 1 mU de TSH. Este resultado sugiere que TSH es capaz de activar vías de señalización para favorecer la síntesis de S1P probablemente a través de la

activación de la enzima SK1. En este sentido, se sabe que la síntesis de S1P depende de la activación de la enzima SK1 la cual presenta sitios de fosforilación donde pueden actuar algunas cinasas como PKA, PKC y caseína cinasa II para su activación (Takabe et al., 2012). Aunque no se tenga evidencia previa que vincule a TSH con S1P, se conoce ampliamente que TSH presenta un receptor de tipo GPCR unido a una proteína Gs capaz de activar una PKA, sin embargo, también puede desencadenar la activación de una PKC a través de la unión a una proteína Gq (Tuncel, 2017).

La inhibir a la SK1 en presencia de 10 mU de TSH, los resultados mostraron que el uso de 0.1, 1 y 10 μ M de PF-543 redujo ($P<0.05$) el número de células foliculares tiroideas viables (Figura 1C). De manera similar, las concentraciones de S1P en el medio de cultivo disminuyeron ($P<0.05$) con el uso de 1 y 10 μ M de PF-543 (Figura 1D). Similarmente, en líneas celulares de carcinoma de células foliculares tiroideas, la inhibición de la enzima SK1 reduce la viabilidad las células cancerígenas a través de la vía S1PR3/Notch (Zhao et al., 2018), mientras que, en células de la granulosa, la inhibición de SK1 disminuyó el número de células viables en cultivo, y la adición de S1P al medio de cultivo promovió la viabilidad y disminuyó la apoptosis celular (Hernández-Coronado et al., 2016; González-Aretia et al. 2024). Estas evidencias y nuestros resultados sugieren que la S1P es un mediador de los efectos de TSH sobre la viabilidad de tirocitos de bovino.

Conclusiones

En conclusión, nuestros resultados muestran que la producción de S1P en células foliculares tiroideas de bovino es promovida por TSH probablemente vía la activación de SK1 y que los efectos de viabilidad de TSH sobre los tirocitos de bovino en cultivo son mediados por S1P.

Referencias bibliográficas

1. Hernández-Coronado, C. G., Guzmán, A., Rodríguez, A., Mondragón, J. A., Romano, M. C., Gutiérrez, C. G., & Rosales-Torres, A. M. (2016). Sphingosine-1-phosphate, regulated by FSH and VEGF, stimulates granulosa cell proliferation. *General and comparative endocrinology*, 236, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.06.029>.
2. González-Aretia, D., Hernández-Coronado, C. G., Guzmán, A., Medina-Moctezuma, Z. B., Gutiérrez, C. G., & Rosales-Torres, A. M. (2024). Sphingosine-1-phosphate mediates FSH-induced cell viability but not steroidogenesis in bovine granulosa cells. *Theriogenology*, 213, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.10.003>.
3. Medina-Moctezuma, Z. B., Hernández-Coronado, C. G., Marín-López, L., Guzmán, A., González-Aretia, D., Gutiérrez, C. G., & Rosales-Torres, A. M. (2023). Sphingosine-1-phosphate regulation of luteinising hormone-induced steroidogenesis and proliferation of bovine theca cells in vitro. *Reproduction, fertility, and development*, 35(9), 518–526. <https://doi.org/10.1071/RD22289>.
4. Törnquist K. (2013). Sphingosine 1-phosphate and cancer: lessons from thyroid cancer cells. *Biomolecules*, 3(2), 303–315. <https://doi.org/10.3390/biom3020303>.
5. Zhao, Z., Ma, J., Hu, B., Zhang, Y., & Wang, S. (2018). SPHK1 promotes metastasis of thyroid carcinoma through activation of the S1P/S1PR3/Notch signaling pathway. *Experimental and therapeutic medicine*, 15(6), 5007–5016. <https://doi.org/10.3892/etm.2018.6054>.

EFECTO DE LA HORMONA ADRENOCORTICOTRÓPICA (ACTH) SOBRE LA SÍNTESIS DE ESFINGOSINA 1-FOSFATO (S1P) EN CÉLULAS DE LA CORTEZA ADRENAL DE BOVINO.

Zaire Belen Medina-Moctezuma¹, David González-Aretia¹, Cyndi Gabriela Hernández-Coronado², Adrián Guzmán-Sánchez², Carlos G Gutiérrez³, Ana María Rosales-Torres^{2*}.

¹Estudiante de Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México. ²Departamento Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Ciudad de México, México. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: anamexico@gmail.com

Palabras clave: Esfingosina-1-fosfato, ACTH, corteza adrenal, bovino.

Introducción

La mayoría de las glicoproteínas hipofisiarias tales como la hormona foliculoestimulante (FSH), la hormona luteinizante (LH), la hormona estimulante de la tiroides (TSH) y la hormona adrenocorticotropa o corticotropina (ACTH) comparten similitudes funcionales en su célula blanco (Montesinos, *et al.*, 2016). Tanto FSH, LH, TSH y ACTH actúan a través de un receptor acoplado a proteína G (Sadiq *et al.*, 2023). La vía clásica de la ACTH en células adrenales implica la unión a su receptor del tipo Gs (Receptor de melanocortina MC2R: Yang *et al.*, 2020) para activar a la adenilato ciclase e inducir así la síntesis de adenosín monofosfato cíclico (AMPc). El AMPc puede activar directamente a la proteína cinasa A (PKA), quien, activará o promoverá la síntesis de enzimas involucradas en la sobrevivencia celular y la producción de corticosteroides (cortisol y corticosterona) en células de la zona fascicular de la corteza adrenal (Ferreira *et al.*, 2007).

Aun cuando la vía de señalización canónica de las hormonas que actúan a través de receptores acoplados a proteína Gs está bien descrita, resultados de nuestro grupo de trabajo han mostrado que tanto LH como FSH, promueven la síntesis de esfingosina 1-fosfato (S1P) en células foliculares la cual actúa como mediador de los efectos de sobrevivencia de estas hormonas adehipofisiarias (Hernández-Coronado *et al.*, 2016; Medina-Moctezuma *et al.*, 2023). La S1P es un esfingolípido bioactivo que favorece la proliferación, sobrevivencia y migración en diversos tipos celulares y es sintetizado ante el estímulo de factores tróficos mediante la acción de la esfingosina cinasa 1 (SK1; Hernández-Coronado *et al.*, 2016).

Objetivo

Por lo anterior y debido a que el mecanismo de acción de ACTH es similar al de las gonadotropinas y a los efectos de S1P en varios tipos celulares, resulta interesante investigar si la ACTH induce la síntesis de S1P en las células de la corteza adrenal de bovino.

Materiales y métodos

Se obtuvieron glándulas adrenales de bovinos sacrificados en el rastro municipal de Temamatla en el Estado de México. Las glándulas fueron transportadas al laboratorio de Bioquímica de la Reproducción de la UAM-X donde se diseccionó la corteza de la glándula adrenal con la ayuda de un bisturí. Todo el procedimiento se trabajó en frío (4°C), el tejido se fragmentó en pequeños cortes y posteriormente fue lavado con medio de cultivo McCoy's 5a modificado. Se pesó 1 gramo de tejido, el cual fue sometido a digestión enzimática (200 mg de tejido/ ml de digestión) usando una solución que contenía 2.5 mg/ml de collagenasa y 0.1 mg/ml de DNAsa en medio de cultivo sin suplementar a 37°C en agitación constante durante 20 min. Posteriormente, la solución se suspendió con ayuda de una pipeta serológica para favorecer la disgregación celular. La reacción se detuvo con la adición de suero fetal bovino. A continuación, se filtró la digestión para obtener únicamente la suspensión con las células y se centrifugó a 200 xg por 5 min. Posteriormente el paquete celular fue lavado para eliminar la interferencia de glóbulos rojos y otros contaminantes. Las células fueron cuantificadas por el método de azul tripán. Se sembraron 25,000 células viables/pozo en placas de 96 pozos en medio McCoy 5a modificado suplementado con SFB al 2.5%. Las células se incubaron por un periodo de estabilización de 24 horas a 37°C, 5% de CO2 y 90% humedad. Tras este periodo, se realizó un recambio del medio de cultivo sin SFB en presencia de ACTH (0, 0.001, 0.01, 0.1 y 1 µM) por 48 h. Transcurrido este tiempo, a las células cultivadas se les adicionaron 20 µL de solución MTT (5 mg/mL) y se incubaron en una atmósfera de 5% de CO2 a 37°C y 90% humedad durante

24 h. Pasadas las 24 h se adicionaron a cada pozo 100 μ L de buffer de lisis, dejándolo incubar por 4 h a temperatura ambiente en oscuridad. Finalmente, se midió la densidad óptica del medio por espectrofotometría a 595 nm. El número de células viables fue obtenido mediante una curva estándar. Por otro lado, para determinar el efecto de ACTH sobre la síntesis de S1P y cortisol en células de la corteza adrenal de bovino, el medio de cultivo fue recolectado para determinar las concentraciones de S1P y cortisol mediante el uso de estuches comerciales de ELISA, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA, utilizando las concentraciones de ACTH como efectos fijos y las concentraciones de S1P, cortisol y el número de células viables como variables de respuesta. Las diferencias entre media de cada tratamiento se determinaron mediante contrates ortogonales comparando cada tratamiento respecto al control.

Resultados y discusión

Los resultados indicaron que, la adición de 0.001 μ M de ACTH al medio de cultivo aumentó el número de células de la corteza adrenal viables en comparación con el grupo control ($P<0.05$, Figura 1A). Adicionalmente, se observó que únicamente la adición de 0.1 μ M de ACTH al medio de cultivo incrementó las concentraciones de cortisol ($P<0.05$ Figura 1B).

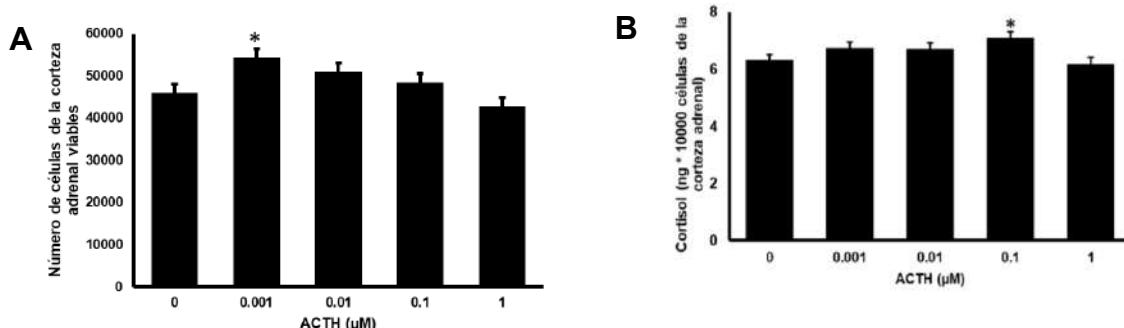


Figura 1. Efecto de ACTH sobre la viabilidad de células de la corteza adrenal de bovino (A) y la producción de cortisol (B). * indican diferencias significativas ($P<0.05$) respecto al control.

Las evidencias del efecto de ACTH sobre el número de células adrenales es reducido, sin embargo, Ferreira *et al.* (2007) muestra que la inyección de 2 IU/100 g de ACTH en ratas incrementó el número de células adrenales por milímetro cúbico. Adicionalmente, se conoce que la administración de ACTH (50 UI/kg de peso corporal) regula al alta la expresión del antígeno nuclear de células en proliferación (PCNA) y a la baja la expresión de p27Kip1 y p57Kip2 que son dos inhibidores de la quinasa dependiente de ciclina en glándulas adrenales de rata, (Kobayashi *et al.*, 2006). Por lo tanto, estas evidencias sugieren que la ACTH modula la sobrevivencia de las células adrenocorticales. Por otro lado, la adición de 0.1 μ M de ACTH estimuló la secreción de cortisol al medio de cultivo. Es bien conocido que ACTH promueve la síntesis de corticosteroides. En cultivos primarios de células adrenocorticales bovinas, la presencia de ACTH 10(-9) M y 10(-6) M produjeron sustancialmente más cortisol y corticosterona que las células incubadas en ausencia de ACTH. La producción de intermediarios esteroidogénicos como pregnenolona, progesterona y 17 alfa-hidroxipregnenolona, así como 17 alfa-hidroxiprogesterona, 11-desoxicortisol y 11-desoxicorticosterona también aumentó con el tratamiento a corto plazo (12 h) con ACTH (Kramer *et al.*, 1983).

En cuanto a los efectos de ACTH sobre la síntesis de S1P no se observó efecto de esta hormona sobre la producción de S1P en células de la corteza adrenal de bovino ($P>0.05$ Figura 2A). Este resultado contrasta con observaciones previas en cultivo de células foliculares ováricas, donde se ha mostrado que la FSH y la LH, que actúan al igual que la ACTH a través de un receptor acoplado a proteína Gs, incrementan la secreción de S1P al medio de cultivo (Hernández-Coronado *et al.*, 2016; Medina-Moctezuma *et al.*, 2023). Con base en nuestro resultado podemos sugerir que en células de la corteza adrenal bovina la síntesis de S1P no es dependiente de ACTH.

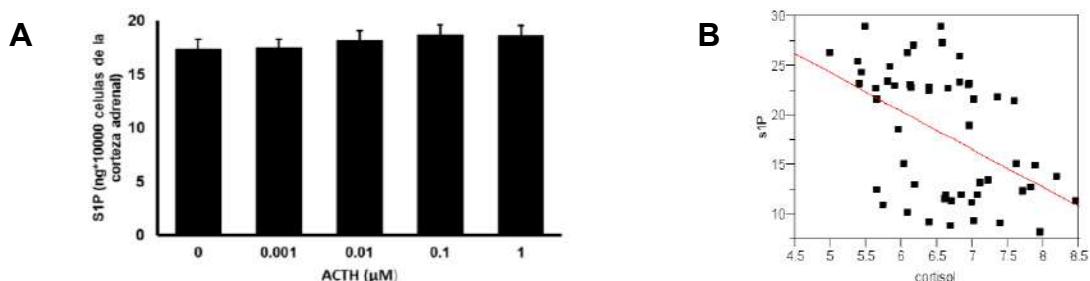


Figura 2. (A) Efecto de ACTH sobre la producción de S1P. (B) Correlación negativa entre las concentraciones de S1P y cortisol en el medio de cultivo de células de la corteza adrenal de bovino.

Adicionalmente, de manera interesante, se observó una correlación negativa ($P<0.05$ Figura 2B) entre las concentraciones de S1P y cortisol, que sugiere que el incremento de cortisol reduce la síntesis de S1P. Este planteamiento refuerza la posibilidad de que la ACTH no promueve la síntesis de S1P en células de la corteza adrenal de bovino y que por el contrario puede reducir su síntesis vía el cortisol. Esta hipótesis es sustentada por evidencias que muestran, en células adrenocorticales humanas (H295R), que el tratamiento de ACTH/AMPc disminuyó rápidamente los niveles de algunos esfingolípidos, incluyendo a la S1P (Ozbay *et al.*, 2004). Dado que una de las principales funciones del cortisol es inhibir la síntesis de proteínas e inducir la proteólisis (Simmons *et al.*, 1984), es probablemente que este glucocorticoide esté reduciendo el nivel de enzimas participantes en la síntesis de esfingolípidos, especialmente SK1. Sin embargo, estos planteamientos requieren mayor grado de investigación, para validarlos.

Conclusiones

La ACTH incrementa la viabilidad y la biosíntesis de cortisol en cultivo de células de la corteza adrenal de bovino, sin efecto sobre la síntesis de S1P. Es claro que existe una correlación negativa entre S1P y cortisol, que se sugiere que ACTH estimula la síntesis de cortisol y este esteroide podría estar regulando a la baja la síntesis de S1P cultivos de células de la corteza adrenal de bovino.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este proyecto fue financiado por CONACYT mediante el proyecto A1-S-21990 así como al financiamiento otorgado al proyecto registrado en área de investigación EPA/DPAA en UAM-X.

Referencias bibliográficas

1. Ferreira, J. G., Cruz, C. D., Neves, D., & Pignatelli, D. (2007). Increased extracellular signal regulated kinases phosphorylation in the adrenal gland in response to chronic ACTH treatment. *Journal of endocrinology*, 192(3), 647-658.
2. Hernandez-Coronado, C. G., Guzman, A., Rodriguez, A., Mondragon, J. A., Romano, M. C., Gutierrez, C. G., & Rosales-Torres, A. M. (2016). Sphingosine-1-phosphate, regulated by FSH and VEGF, stimulates granulosa cell proliferation. *General and comparative endocrinology*, 236, 1-8.
3. Kobayashi, H., Kambe, F., Imai, T., Hibi, Y., Kikumori, T., Ohmori, S., ... & Seo, H. (2006). Differential expression of cyclin-dependent kinase inhibitors, p27Kip1 and p57Kip2, by corticotropin in rat adrenal cortex. *Journal of endocrinology*, 189(3), 671-679.
4. Medina-Moctezuma, Z. B., Hernández-Coronado, C. G., Marín-López, L., Guzmán, A., González-Aretia, D., Gutiérrez, C. G., & Rosales-Torres, A. M. (2023). Sphingosine-1-phosphate regulation of luteinising hormone-induced steroidogenesis and proliferation of bovine theca cells in vitro. *Reproduction, Fertility and Development*, 35(9), 518-526.
5. Ozbay, T., Merrill, A. H., & Sewer, M. B. (2004). ACTH Regulates Steroidogenic Gene Expression and Cortisol Biosynthesis in the Human Adrenal Cortex via Sphingolipid Metabolism. *Endocrine Research*, 30(4), 787–794. <https://doi.org/10.1081/ERC-200044040>

UNA COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA MEJORA LA CAPACIDAD DE LOS MACHOS CABRIOS PARA FERTILIZAR HEMBRAS BAJO UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN SEMI-EXTENSIVO.

Luz María Tejada^{1*}, Dolores López-Magaña¹, Horacio Hernández¹, Jesús Vielma¹, Natalia López-Magaña^{1,2}, Luis Roberto Zivec³

¹Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; ²Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Coahuila; ³Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

*Autor para correspondencia: luteju81@hotmail.com

Palabras clave: Caprinos, subnutrición, fertilidad.

Introducción

En los machos cabríos del subtrópico mexicano el periodo de reposo sexual comprende de enero a mayo. El reposo sexual se caracteriza por disminuciones en la concentración de testosterona, del comportamiento sexual y la producción espermática. En cambio, en la estación sexual, que se desarrolla de junio a diciembre, aumentan las concentraciones plasmáticas de testosterona y el comportamiento sexual; además, hay un incremento en producción espermática cuantitativa y cualitativa. La estacionalidad reproductiva en estos animales se debe principalmente a las variaciones anuales del fotoperiodo (Delgadillo et al. 2004). Sin embargo, otros factores como el estado nutricional de los machos cabríos, la exposición a altas temperaturas ambientales o las interacciones socio-sexuales pueden modificar la estación sexual y la eficiencia reproductiva de los machos. En efecto, en los machos subalimentados se reducen el tamaño de los testículos, las concentraciones de testosterona y el comportamiento sexual es inferior comparado con machos bien alimentados (Delgadillo et al. 2020). En la Comarca Lagunera, la mayoría de los caprinos se encuentran en un sistema de producción semi-extensivo, en donde machos y hembras permanecen juntos durante todo el año, caminan de 5 a 8 km al día y pastorean durante 7 horas por día bajo la radiación solar directa buscando el alimento disponible en la flora nativa del agostadero, generalmente sin complementación alimenticia en el corral. Por lo tanto, la subnutrición y la exposición a la radiación solar modifican la actividad endocrina y sexual de machos cabríos mantenidos en un sistema semi-extensivo (García-Cruz et al., 2022). Una complementación alimenticia en el periodo de reposo sexual podría mejorar la capacidad de los machos cabríos para fertilizar a las hembras bajo un sistema de producción semi-extensivo.

Objetivo

Determinar si en los machos cabríos bajo un sistema de producción semi-extensivo una complementación alimenticia durante el periodo de reposo sexual incrementa la capacidad para fertilizar a las hembras durante la estación sexual en comparación con los machos cabríos sin complementación alimenticia.

Materiales y métodos

El 15 de marzo un total de 12 machos cabríos fueron asignados a dos grupos ($n = 6$ c/u). Los machos de los grupos fueron incorporados en dos hatos caprinos representativos del sistema de producción semi-extensivo. Cada día antes del pastoreo, los machos de cada rebaño se separaron de las hembras y se trasladaron a corrales abiertos (6×4 m c/u). Un grupo de machos (Grupo Complementado) se alimentó con la flora nativa del agostadero, y, además, se les complementó individualmente con 600 g de concentrado comercial (1,7Mcal/kg, 14% PC por kg de MS) desde el 15 de marzo y hasta el 30 de mayo. El otro grupo (Grupo No complementado) no recibió ningún complemento. La dieta en este grupo consistió únicamente en flora nativa del agostadero durante el período de estudio. A todos los machos se les colocó un mandil para evitar las montas a las hembras. En junio, durante el periodo natural de actividad sexual ambos grupos de machos entraron en contacto directo (sin mandil) con 2 grupos de hembras anovulatorias. Los machos realizaron montas libres y directas. Se determinó la gestación y la fertilidad al parto. La proporción de hembras que resultaron gestantes y las hembras que parieron se compararon mediante la prueba de Chi cuadrada y los datos se analizaron utilizando SYSTAT 13, Software, San José, CA.

Resultados y discusión

Las proporciones de cabras que quedaron gestantes fueron diferentes ($P < 0.001$) entre las cabras en contacto con los machos del grupo complementado (74/90: 82%) que las cabras en contacto con los machos del grupo no complementado (60/100: 60%). Además, las proporciones de cabras paridas fueron diferentes ($P < 0.0001$) entre las cabras en contacto con los machos complementados (65/90: 72%) que las cabras en contacto con los machos no complementados (53/100: 53%). Nuestros resultados muestran que los machos cabrío con una complementación alimenticia durante el reposo sexual tienen una mayor capacidad para fertilizar a las hembras bajo un sistema semi-extensivo comparados con machos sin complementación alimenticia. Estos hallazgos coinciden con los reportados en machos cabrío suplementados y sometidos a tratamiento fotoperiódico. En efecto, la proporción de hembras gestantes es mayor (70%) cuando los machos son suplementados y mantenidos en un sistema semi-extensivo (Delgadillo et al., 2021). Bajo las condiciones de este estudio es probable que la complementación alimenticia durante 10 semanas fue suficiente para incrementar la producción espermática de los machos cabrío como se ha reportado previamente en carneros (Martin y Walkden-Brown, 1995).

Conclusiones

Los resultados del presente estudio demuestran que una complementación alimenticia mejora la capacidad de los machos cabrío para fertilizar a las hembras bajo un sistema de producción semi-extensivo.

Referencias bibliográficas

1. Delgadillo, J.A., Cortez, M.E., Duarte, G., Chemineau, P., Malpaux, B., 2004. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reproduction Nutrition Development* 44(3), 183-193.
2. Delgadillo, J.A., Lelièvre, A., Flores, J.A., Bedos, M., Hernández, H., Vielma, J., Chemineau, P. 2020. Undernutrition reduces the body weight and testicular size of bucks exposed to long days but not their ability to stimulate reproduction of seasonally anestrous goats. *Animal* 14(12), 2562-2569.
3. Delgadillo, J.A., Sifuentes, P.I., Flores, M.J., Espinoza-Flores, L.A., Andrade-Esparza, J.D., Hernández, H., Chemineau, P. 2021. Nutritional supplementation improves the sexual response of bucks exposed to long days in semi-extensive management and their ability to stimulate reproduction in goats. *Animal* 15(2), 100114.
4. García-Cruz, O.U., Tejada, L.M., Flores, M.J., Nava-Rivera, L.E., López-Magaña, N., Hernández, H., Delgadillo, J.A. 2022. A semi-extensive management system reduces plasma testosterone concentrations, sexual behaviour and sperm production in male goats from subtropical latitudes. *Animal Production Science* 62(17), 1683-1691.
5. Martin, G.B., Walkden-Brown, S. W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement* 49, 437-449.

IMPACTO DEL GLICEROL SOBRE LA DINÁMICA FOLICULAR E IGF-1 EN PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN LARGOS Y CORTOS CON ACETATO DE FLUOROGESTONA EN EL OVINO PELIBUEY.

Pablo Escorcia Ortiz^{1*}, Adrián Guzman Sanchez², Hilda Morayma Guerrero Netro¹

¹FMVZ-UNAM, ²UAMX

*Autor para correspondencia: pabloescorcia@fmvz.unam.mx

Palabras clave: Ovinos, sincronización, foliculogénesis.

Introducción

Dentro del manejo reproductivo, la sincronización del ciclo estral representa una tecnología clave para mejorar la eficiencia reproductiva a través de diversos métodos (Simões *et al.*, 2021). Nos permite la formación de lotes de animales, lo que facilita la atención de partos y permite el uso de tecnologías como la inseminación artificial a tiempo fijo, superovulación o transferencia de embriones. Los tratamientos más comunes incluyen el uso de progestágenos sintéticos, como el acetato de fluorogestona (FGA) o el acetato de medroxiprogesterona (MPA). No obstante, los tratamientos de sincronización largos o cortos presentan ciertas deficiencias que pueden reducir la fertilidad, como alterar los patrones de liberación de la hormona luteinizante (LH) debido a concentraciones sublíticas de progesterona, disminuyendo la calidad por ovocitos envejecidos reduciendo el recambio folicular y son susceptibles a infecciones vaginales, presencia de quistes foliculares y folículos persistentes (Menchaca & Rubianes, 2004). Tratando de solucionar los problemas asociados a la dinámica folicular por parte de los progestágenos, se utiliza eCG para promover que el desarrollo folicular termine en ovulación, desafortunadamente al utilizar repetidamente eCG, se presenta una respuesta inmune además de que también se asocia con la formación de quistes y folículos persistentes (Bruno-Galarraga *et al.*, 2021) además de una maduración nuclear prematura lo que provoca un desarrollo embrionario deficiente o fallas en la implantación. Para evitar los efectos secundarios (Bruno-Galarraga *et al.*, 2021), se utiliza glicerol como factor nutricional para aumentar el número de folículos en desarrollo (Escorcia, 2019; Sotgiu *et al.*, 2021). Tomando esto en cuenta y el interés en prácticas de producción verde y sostenible, el glicerol se vuelve una alternativa para promover el desarrollo folicular con el uso de progestágenos en protocolos de sincronización larga y corta, con el fin de mejorar la eficiencia de los protocolos de sincronización (Sotgiu *et al.*, 2021).

Objetivo

Establecer si el glicerol utilizado en protocolos de sincronización largos y cortos con acetato de fluorogestona, promueve el desarrollo folicular al aumentar las concentraciones de IGF-1 intrafolicular.

Materiales y métodos

Se contó con 45 hembras Pelibuey adultas de 4 a 6 años de edad en época reproductiva, un promedio de condición corporal 3 a 3.5, multíparas, en un sistema de producción intensivo en estabulación total, alimentación basada en avena, ensilado de maíz, alfalfa y concentrado de granos en el Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal FMVZ-UNAM a 19° latitud norte y 99° longitud Oeste a una altura de 2760 metros sobre el nivel del mar. Todos los procedimientos fueron autorizados por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales (CICUA) de la FMVZ-UNAM (SICUAE.DC-2021/4-8). Los individuos fueron distribuidos aleatoriamente en cinco grupos (n=9). Los grupos fueron tratados de la siguiente manera: animales bajo ciclo estral natural (C), tratamiento de sincronización corto (TC), tratamiento de sincronización corto más suplementación con glicerina (TCG), tratamiento de sincronización largo (TL) y tratamiento de sincronización largo más suplementación con glicerina (TLG). Se realizó una previa sincronización con 125 µg de cloprostenol vía intramuscular (i.m.). El tratamiento de sincronización del estro se realizó vía dispositivo intravaginal (FGA), durante 11 días para los tratamientos de larga duración (TL y TLG) y 5 días para los de corta duración (TC y TCG). Al retiro del dispositivo se administró 125 µg cloprostenol vía i.m. además en los grupos TCG y TLG se administró glicerina vía oral (50 mL diluida en agua 9:1). El seguimiento de la dinámica folicular se realizó bajo ultrasonografía por vía transrectal con un equipo Mindray DP-50Vet y un transductor lineal 75L50EAV a una frecuencia de 7.5 MHz una vez al día comenzando 9 días antes del retiro del progestágeno en los grupos experimentales y para el grupo control se estimó empezar 11 días antes del comienzo del estro. El

recelo se realizó durante 15 minutos por corral cada 2 horas, iniciando 22 horas después del retiro del dispositivo. Las células de la granulosa se aspiraron vía laparoscópica a las 15 horas de iniciado el estro. La extracción de ARN se realizó por medio de columnas de silice y se obtuvo ADN complementario mediante transcriptasa reversa. La cuantificación por qPCR se realizó en un volumen de reacción de 15 μl que contenía 1 μl de ADNc y Power SYBR Green PCR Master Mix en un termociclador CFX-96 (Bio-Rad Laboratories) utilizando primers diseñados en el programa DNAMAN (tabla 1). El protocolo en el termociclador para amplificar la transcripción fue 3 min 95°C y 39 ciclos de 45 seg a 95°C, 30 seg a 60°C y 30 seg a 72°C. La expresión relativa de ARN se cuantificará mediante el método de doble delta Ct ($2^{-\Delta\Delta\text{CT}}$). Las pruebas estadísticas se realizaron con el software JMP versión 17.2.0 del instituto SAS. Se realizó un análisis de varianza y las diferencias entre múltiples grupos se analizaron con la prueba Tukey. Los resultados se informaron como media \pm error estándar de la media (ee). Se consideró diferencia significativa con $p<0.05$.

Tabla 1.- Secuencias de genes del ovino para IGF-1 y genes constitutivos.

Gene	Primer Sequence
IGF-1	F: 5'- TTGACATGGTGTGGGGA -3' R: 5'- GTGGGATAATAGGCAGGTGT -3'
B-actina	F: 5'- GCAACCAGTCGCCA -3' R: 5'- CACGATGGAAGGGAAAGAC -3'
RPL19	F: 5'- TATGGTATAGGTAAAGCGAAAG -3' R: 5'- GTTCAACATCTAAATCCATTAACT -3'

Resultados

El tratamiento de sincronización resultó en una presentación del celo del 100% en todos los grupos, con un inicio del estro a las 40.08 horas en promedio, sin diferencias significativas entre los grupos. Se obtuvieron un total de 74 folículos dominantes. Al evaluar la dinámica folicular mediante ultrasonografía, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en cuanto al diámetro de los folículos, con un promedio general de 4.72 mm. Del total de folículos, el grupo TCG (2.33) fue mayor que los grupos TC (1.44) y control (1.33). Además, se determinó que los folículos de los tratamientos largos (TL, TLG) son más jóvenes en comparación con los del grupo control (Tabla 2). La expresión de IGF-1 fue menor en el grupo TCG en comparación a los demás usando progestagénos (Fig. 1).

Tabla 2.- Dinámica folicular respecto al tratamiento de sincronización (promedio \pm ee).

Variable (promedio \pm ee)	Control	TC	TCG	TL	TLG
Diámetro de folículos dominantes (mm)	4.80 \pm 0.19	4.96 \pm 0.32	4.74 \pm 0.17	4.64 \pm 0.18	4.50 \pm 0.12
Edad promedio de los folículos (horas)	139.2 ^a \pm 13	126 ^{ab} \pm 8.34	115.2 ^{ab} \pm 7.58	102.6 ^b \pm 9.46	100.8 ^b \pm 8.45
Folículos dominantes colectados por grupo	1.33 ^a \pm 0.37	1.44 ^a \pm 0.41	2.33 ^b \pm 0.25	1.63 ^{ab} \pm 0.32	1.67 ^{ab} \pm 0.33
Folículos dominantes reclutados antes del retiro de P4	NA \pm 0.33	1.33 \pm 0.28	2 \pm 0.28	1.5 \pm 0.32	1.33 \pm 0.28
Folículos dominantes reclutados después del retiro de P4	NA \pm 0.11	0.11 \pm 0.23	0.33 \pm 0.23	0.125 \pm 0.125	0.33 \pm 0.23

Literales diferentes por fila indican diferencia estadística. $P < 0.05$

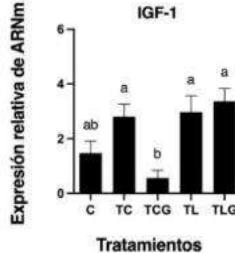


Figura 1.- Expresión relativa de IGF-1 en folículos dominantes entre grupos (promedio y ee).

Discusión

En el estudio presentado, se observó que los tratamientos de sincronización, el estro se presentó en un 100% en todos los grupos, iniciando a las 40 horas en promedio sin diferencia entre grupos, en contraste a estudios previos en donde se demostró que en tratamientos cortos con y sin glicerol la presentación del estro se retrasa iniciando hasta las 57 horas (Escoria, 2019). Respecto al número de folículos dominantes colectados, el TCG mostró un mayor número en comparación con el grupo control y TC como se ha

reportado con anterioridad (Escoria, 2019). Por otro lado, al momento de retirar el progestágeno se crea una ventana de reclutamiento donde el desarrollo de las células de la granulosa es una parte importante del desarrollo folicular, en este punto glicerol incrementa promueve este efecto a través del sistema de IGF-1. Sin embargo no hubo un aumento en los grupos TCG y TLG como se ha reportado que el uso de glicerol aumenta la concentraciones séricas e intrafolicular (Sotgiu *et al.*, 2021). Es posible que esta dosis de glicerol provoque un aumento excesivo de IGF-1 intrafolicular, y como respuesta se liberan las proteínas de unión a IGF (IGFBPs 2 y 4), regulando su concentración y efectos en especial en el grupo TCG donde hay una disminución de IGF-1 respecto a los demás grupos, por lo tanto, no existe cambio en el desarrollo de las células de la granulosa. Por lo que se sugiere que el aumento en la tasa ovulatoria entre el grupo TCG en comparación al TC y control sea por mantener viables los folículos ya existentes.

Conclusiones

El uso de glicerol aumenta el desarrollo folicular si se usa en tratamientos cortos.

En tratamientos cortos el uso de glicerol disminuye las concentraciones de IGF-1 en comparación a tratamiento cortos y largos con y sin glicerol.

Agradecimientos

Se agradece a la FMVZ-UNAM, Universidad de Montreal y al CONAHCYT por permitirme llevar a cabo mis estudios.

Fuente de financiadora

PAPIIT IN209923 Determinación de proteínas involucradas en la maduración del complejo-cúmulo ovocito canino.

Referencias bibliográficas

1. Bruno-Galarraga, M., Cano-Moreno, V., Lago-Cruz, B., Encinas, T., Gonzalez-Bulnes, A., & Martinez-Ros, P. (2021). The use of hCG for inducing ovulation in sheep estrus synchronization impairs ovulatory follicle growth and fertility. *Animals*, 11(4), 984. <https://doi.org/10.3390/ani11040984>
2. Escoria, P. (2019). Comparación y dinámica folicular de dos protocolos de sincronización de estros con acetato de fluorogestona y glicerol en ovejas Pelibuey [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
3. Menchaca, A., & Rubianes, E. (2004). New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(4), 403. <https://doi.org/10.1071/RD04037>
4. Simões, J., Abecia, J. A., Cannas, A., Delgadillo, J. A., Lacasta, D., Voigt, K., & Chemineau, P. (2021). Review: Managing sheep and goats for sustainable high yield production. *Animal*, 15, 100293. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100293>
5. Sotgiu, F. D., Porcu, C., Pasciu, V., Dattena, M., Gallus, M., Argiolas, G., Berlinguer, F., & Molle, G. (2021). Towards a sustainable reproduction management of dairy sheep: Glycerol-based formulations as alternative to eCG in milked ewes mated at the end of anoestrus period. *Animals*, 11(4), 922. <https://doi.org/10.3390/ani11040922>

PARTICIPACIÓN DE LA EZRINA EN LA REGULACIÓN ESTRUCTURAL DE LA TECA PERINUCLEAR DEL ESPERMATOZOIDE PORCINO DURANTE EL PROCESO DE CAPACITACIÓN.

Erica Reneé Lara-Juárez¹, Noé Orlando Juárez-López², Oscar Gutiérrez-Pérez³, Miguel Ángel Cornejo-Cortés⁴, Alejandro Córdova-Izquierdo⁵, María de Lourdes Juárez-Mosqueda^{1*}.

¹Departamento de Morfología, FMVZ-UNAM, ²Departamento de Genética y Bioestadística-FMVZ, UNAM,

³CEIEPP-FMVZ, UNAM, ⁴Departamento de Ciencias Biológicas-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, ⁵Departamento de Producción Agrícola y Animal, UAM-Xochimilco.

*Autor para correspondencia: luerfco@unam.mx

Palabras clave: Teca perinuclear, capacitación espermática, e兹rina.

Introducción

Los espermatozoides deben pasar por una serie de cambios y modificaciones bioquímicas conocidos como capacitación, requisito indispensable para que puedan llevar a cabo la reacción acrosomal (RA). La RA es un evento esencial para que el espermatozoide pueda fertilizar al óvulo y consiste en la liberación de las enzimas contenidas en el acrosoma (1). La Teca Perinuclear (TP) es el principal elemento citoesquelético de la cabeza del espermatozoide de los mamíferos, ésta es una capa densa que envuelve al núcleo del espermatozoide y entre sus funciones se encuentra el asegurar la estabilidad del acrosoma (2). La TP presenta una subestructura (sTP) que ha permitido valorar morfológicamente su integridad, observándose que la sTP se mantiene en los espermatozoides capacitados, pero no en los que sufren RA; identificándose a la actina-F con un papel importante en la estabilización de la misma. Un evento que ocurre durante la capacitación espermática y hasta justo antes de la RA, es la polimerización de actina; mostrándose que la inhibición de la formación de actina-F resulta en una RA-espontánea (RA-e) (3). En el espermatozoide de bovino se señala que la activación de la proteína e兹rina durante la capacitación espermática, conlleva a la polimerización de actina en un mecanismo que previene la RA-e (1). También se menciona que la unión de e兹rina a fosfatidilinositol bifosfato (PIP₂) la protege de la desfosforilación/inactivación y que la inhibición de la cinasa II de calmodulina (CaMKII) induce la RA-e (4).

Objetivo

Identificar la presencia de e兹rina en la TP, así como determinar la participación de la proteína en el mecanismo de prevención de la pérdida de la sTP durante el proceso de capacitación de los espermatozoides de verraco y determinar si se requiere PIP₂ para que la e兹rina mantenga la estabilidad de la sTP y la relación de la misma con la integridad del acrosoma.

Materiales y métodos

Se utilizó semen de verraco recién eyaculado, obtenido mediante la técnica de mano enguantada. Los espermatozoides fueron divididos en 7 diferentes fracciones: 1) semen fresco sin capacitar, y las demás fueron tratadas bajo las siguientes condiciones 2) Inhibidor de Ezrina (NSC668394) (iE) 20µm, 3) Wortmannina (WT) 10µm, 4) WT 10nM, 5) KN93 50µm, 6) semen fresco capacitado y 7) semen fresco capacitado con RA.

Antes de cada tratamiento los espermatozoides fueron lavados con PBS atemperado a 37°C y re suspendidos a una concentración final de 100x10⁶ espermatozoides/ml en medio de capacitación TALP (116mM NaCl, 3.10mM KCl, 15mM NaHCO₃, 0.40mM MgSO₄, 0.30mM NA₂HPO₄, 5mM glucosa, 20mM hepes, 50µg/ml rojo fenol, 3mg/ml BSA, 4.5mM CaCl₂H₂O, 21.70mM lactato de sodio, 1mM piruvato de sodio, 100mg/ml gentamicina) ph 7.4. Para su capacitación se incubaron por 2 horas a 38.5°C con un 5% de CO₂. El estado de capacitación de la fracción 7 fue examinado mediante la capacidad de los espermatozoides de sufrir la RA, la cual se indujo mediante la adición de 5µM de ionóforo de calcio A23187. Para la exposición de la TP todas las muestras fueron tratadas con detergente Brij 36-T al 10% por 5 minutos, en seguida fueron fijadas en paraformaldehído al 4% para posteriormente ser procesadas para su observación al Microscopio Electrónico de Transmisión, por el método de tinción negativa. La evaluación de la integridad de la TP se realizó mediante el conteo de 20 células, tomando como referencia la sTP, ésta se clasificó como; ausente/alterada e integra. Mientras que la evaluación del acrosoma se realizó mediante la tinción de Coomasie, en la cual se contaron 100 células al microscopio de luz y los resultados se

clasificaron con presencia y ausencia de acrosoma. Todas las evaluaciones de cada tratamiento se realizaron por quintuplicado.

Análisis estadístico

Para este estudio se utilizó la versión 4.2.0 del software estadístico R para el análisis de datos. Se emplearon las librerías *stats* 4.3.2 y *pgirmess* 2.0.3 para llevar a cabo pruebas de Kruskal-Wallis (prueba no paramétrica adecuada para comparar múltiples grupos cuando no se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza). La hipótesis nula de igualdad de medianas poblacionales fue rechazada con un nivel de significancia $\alpha \leq 0.05$. Para determinar si existía una correlación entre las evaluaciones, se empleó la prueba del Coeficiente de Correlación de Pearson, aceptándose la hipótesis alternativa de correlación con un nivel de significancia $\alpha \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Para identificar si la ezrina se expresa en el espermatozoide de verraco, se realizó un análisis por Western blot de las proteínas espermáticas y se identificó una banda de ~ 85 kDa, consistente con el peso molecular predicho de la proteína (Fig. 1A).

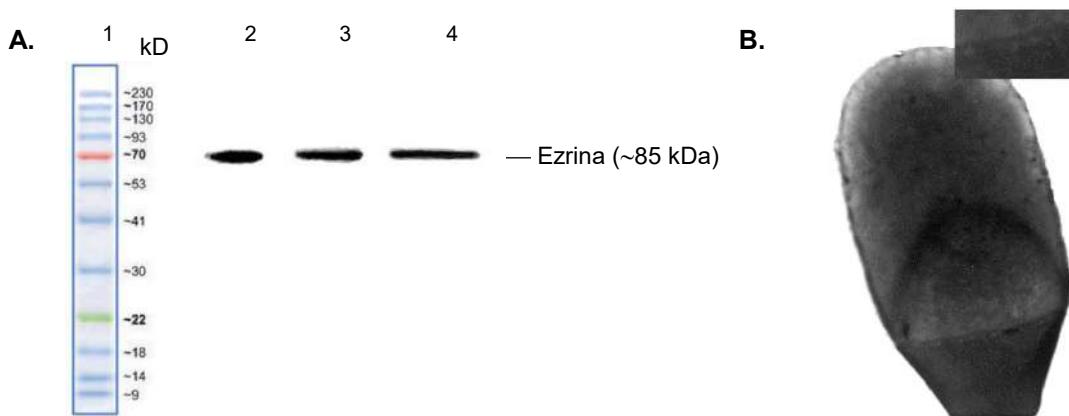


Figura 1. Expresión de la ezrina y morfología de la sTP en el espermatozoide de cerdo. **(A)** Las proteínas de la TP fueron extraídas de muestras espermáticas a diferentes concentraciones y analizadas por Western blot usando un anticuerpo anti-ezrina (3C12, Santa Cruz Biotechnology) diluido 1:200. Línea 1 marcadores de peso molecular; línea 2, 100×10^6 esp/ml; línea 3, 200×10^6 esp/ml; línea 4, 300×10^6 esp/ml. **(B)**. Microscopía electrónica de una cabeza espermática de semen fresco mostrando la superficie de la TP. El recuadro muestra un aumento de la sTP. La flecha señala a la sTP.

En la Figura 1B se muestra la morfología normal de la sTP, la cual se vio alterada por la incubación de los espermatozoides en el medio de capacitación adicionado con el iE, donde la presencia de la sTP se redujo significativamente ($p < 0.05$) al ser comparados con los espermatozoides no capacitados (Tabla 1). Sin embargo, aunque no hubo una diferencia estadística significativa al comparar el grupo con los espermatozoides capacitados, si se observó una diferencia numérica (0.2 vs 7.8). Dado que para su activación la ezrina requiere de su unión a $\text{PIP}_{2(4,5)}$ y de su fosforilación (4), para determinar si durante el proceso de capacitación de los espermatozoides de verraco la producción del fosfoinositido es necesaria para mantener la morfología de la sPT se indujo una reducción en los niveles de PIP_2 mediante la inhibición de la fosfatidilinositol-3-cinasa (PI3K) y de la fosfatidilinositol-4-cinasa (PI4K) utilizando el inhibidor WT a las concentraciones de 10nM y 10 μ M, respectivamente. Como se muestra en la Tabla 1, la sPT se mantuvo intacta en un mayor número de espermatozoides (14.6) cuando la PI3K fue inhibida, siendo menor el número (2.2) cuando PI4K fue inhibida. Sin embargo, aunque no hubo diferencia estadística significativa al comparar el efecto entre ambas cinasas, los datos sugieren que el $\text{PIP}_{3(4,5)}$ producido por la PI3K durante el proceso de capacitación (4) no es importante para la producción de $\text{PIP}_{2(4,5)}$, mientras que la actividad de PI4K sí lo sería. Por otra parte, la WT a una concentración de 10 μ M inhibe la PI4K tipo III, pero no a la tipo II, lo cual posiblemente explique porque no fue bloqueada por completo la producción de $\text{PIP}_{2(4,5)}$ al inhibir esta enzima. Tras su unión a $\text{PIP}_{2(4,5)}$, ezrina es fosforilada por CaMKII durante el proceso de capacitación, por lo que ensayamos si su fosforilación era esencial para mantener la integridad de la sPT. La inhibición de la enzima por KN93 reveló una disminución significativa en el número de células con sPT

(Tabla 1), sin embargo, no existió una diferencia estadística significativa al comparar los valores obtenidos con los espermatozoides capacitados.

Por otro lado, la comparación de la presencia del acrosoma entre grupos mostró la misma tendencia a lo observado al evaluar a la sTP (Tabla 1). De manera importante, se confirma la existencia de una correlación positiva entre la presencia de acrosoma y la presencia de la sTP ($r= 0.897127017$) (Fig. 2).

Tabla 1. Diferencia estadística entre la presencia de sTP integra y del acrosoma al comparar los diferentes tratamientos aplicados a los espermatozoides de verraco.

TRATAMIENTOS COMPARADOS	sTP íntegra		Acrosoma presente		p-value
	(número promedio)	p-value	(número promedio)		
Sin capacitar - iE	14.8	< 0.05	91.6	5.6	< 0.05
Capacitado - iE	7.8	0.2	51	5.6	> 0.05
Capacitado - WT 10µM	7.8	9.4	51	48.6	> 0.05
Capacitado - Wt 10nM	7.8	14.8	51	60	> 0.05
Capacitado - KN93	7.8	>0.05	51	37	>0.05
Capacitado - RA	7.8	2.2	51	20.8	> 0.05
Capacitado - Sin capacitar	7.8	14.8	51	91.6	> 0.05
Wortmannina 10µM - Wortmannina 10nM	9.4	>0.05	48.6	60	> 0.05
RA - Sin capacitar	2.2	14.8	20.8	91.6	< 0.05

Comparación entre grupos, cuando el p-value es < 0.05, existe diferencias entre grupos.

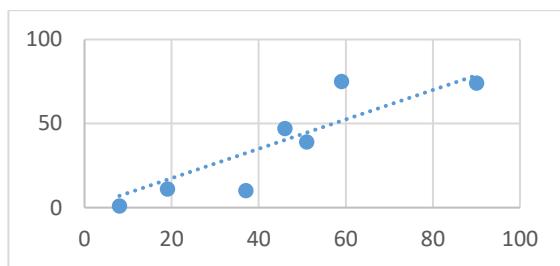


Figura 2. Relación entre la presencia de acrosoma y sTP presente.

Conclusiones

Aunque no se obtuvo una diferencia estadística significativa al comparar los diferentes tratamientos con los espermatozoides capacitados, los datos obtenidos indican que, durante la capacitación del espermatozoide de verraco, la actividad de e兹ina es necesaria para mantener la integridad de la TP y con ello evitar una reacción acrosomal espontánea.

Fuente financiadora

Proyecto apoyado por la DGAPA-UNAM (PAPIIT IN227423).

Referencias bibliográficas

1. Hirohashi N, Yanagimachi R. 2018. Sperm acrosome reaction: its site and role in fertilization. Biol Reprod 99: 127-133
2. Longo, F.J., Cook S. 1991. Formation of the perinuclear theca in spermatozoa of diverse mammalian species: relationship of the machette and multiple band polypeptides. Mol. Reprod.Dev., 28: 380-393.
3. Mújica. A., Navarro. F., Hernández O., Juárez M. 2003. Perinuclear theca during spermatozoa maturation leading to fertilization. Microscopy Research and Technique, 61: 76-87.
4. Huta Y., Nitzan Y., Breitbart H. 2020. Ezrin protects bovine spermatozoa from spontaneous acrosome reaction. Theriogenology; 151: 119-127.

EFECTO DEL TIEMPO DE ADMINISTRACIÓN DE GONADOTROFINA CORIÓNICA EQUINA SOBRE LA FERTILIDAD UTILIZANDO UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN EN GANADO BRAFORD.

Carlos Hernández-López^{1*}, René Calderón-Chagoya¹, René Carlos Calderón-Robles², Adrián Guzmán-Sánchez³, Ángel Ríos-Utrera⁴

¹ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, Querétaro, México. ² S.E. Las Margaritas, INIFAP, Puebla, México; ³ Universidad Autónoma Metropolitana Campus Xochimilco, Ciudad de México, ⁴ Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

*Autor para correspondencia: hernandezl.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: eCG, tasa de gestación, inseminación artificial a tiempo fijo.

Introducción

La gonadotropina coriónica equina tiene actividad biológica principalmente de hormona folículo estimulante por lo que se ha usado en protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) para promover el desarrollo folicular y con ello la fertilidad a estro sincronizado. Recientemente, un estudio ha demostrado que el uso de la gonadotropina coriónica equina administrada 48 horas antes de la retirada del dispositivo intravaginal de progesterona acelera y sincroniza la ovulación de un folículo más grande, favorece la formación de un cuerpo lúteo más grande y aumenta la tasa de preñez en vacas productoras de carne en anestro (1). Sin embargo, estudios anteriores han observado un incremento fertilidad en vacas primíparas cuando la gonadotropina coriónica equina es aplicada el día del retiro del dispositivo intravaginal de progesterona (2). Otro grupo de investigadores ha propuesto aumentar la dosis de gonadotropina coriónica equina y dividirla en dos días diferentes durante el protocolo de sincronización antes del retiro del dispositivo intravaginal de progesterona, observando un impacto positivo en la tasa de gestación (3). Sin embargo, habiendo resultados tan heterogéneos en cuanto a la definición del momento ideal para la administración de la gonadotropina coriónica equina, existen un gran número de variables a considerar como: el tipo de protocolo de sincronización utilizado, la condición corporal, el estatus fisiológico de la hembra, las condiciones de manejo, el efecto de la cría y el medio ambiente. A pesar de los avances de las estrategias reproductivas en los protocolos de sincronización aún hay demasiadas interrogantes relacionadas con el uso de estas herramientas hormonales.

Objetivo

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la gonadotropina coriónica equina 48 horas antes o el día de la extracción del dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR) sobre el diámetro folicular y la tasa de gestación por servicio, utilizando un protocolo de IATF a base de estradiol y progesterona en hembras Braford (vacas y vaquillas) mantenidas en un clima subtropical húmedo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la finca comercial "San Rafael" en Hueytamalco, Puebla, localizada a 19° 51' 03" LN y 97° 12' 48" LO, a 500 msnm y caracterizada por un clima subtropical húmedo. De un grupo mayor de animales, se seleccionaron y categorizaron treinta y seis hembras Braford según su estado fisiológico (vacas y vaquillas) y su condición corporal (BCS: 0 a 9 puntos), y se asignaron a uno de tres grupos homogéneos.

De manera inicial, tanto vacas como vaquillas fueron examinadas mediante palpación transrectal y examen ultrasonográfico (ultrasonido Aloka 500 con transductor de 7,5 MHz) para medir las estructuras en sus ovarios. Las hembras seleccionadas fueron asignadas a los siguientes grupos: grupo 1 (eCG6, N=12) hembras que recibieron una inyección de gonadotropina coriónica equina 48 horas antes de la extracción del CIDR, grupo 2 (eCG8, N=13) hembras que recibieron una inyección de gonadotropina coriónica equina en el momento de la extracción del CIDR y grupo 3 (control, N=11) hembras que no recibieron ninguna inyección de gonadotropina coriónica equina, pero que tenían un cuerpo lúteo. A todos los animales se les administró un CIDR que contenía 1mg de progesterona, seguido de benzoato de estradiol (2 mg) el día 0 del protocolo de sincronización (Figura 1). El día 6, el grupo eCG6, o en el día 8 en el grupo eCG8 recibieron 300-400 UI de gonadotropina coriónica equina para vaquillas y vacas, respectivamente, mientras que el grupo de control no recibió ningún tratamiento.

La retirada del CIDR se realizó el día 8, seguida de una dosis de PGF2a que contenía 150 mcg de D-cloprostenol. El día 10, todos los animales recibieron acetato de buserelina (16,8 mcg). La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) fue realizada por un solo técnico utilizando semen de toros probados. El diagnóstico de gestación se realizó 41 días después de la primera inseminación mediante palpación transrectal y examen ecográfico (día 51 del protocolo). Las tasas de gestación se analizaron con el procedimiento GENMOD del software Statistical Analysis System (SAS), se especificó una distribución binomial y se utilizó una función de enlace logit en el análisis de la tasa de gestación (análisis de regresión logística).

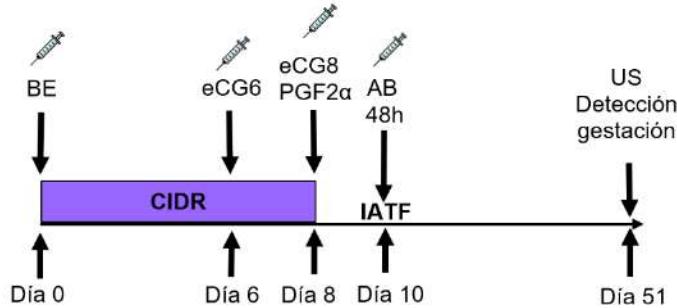


Figura 1. Protocolo general de sincronización e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). En el día 0, a todos los animales se les aplicó 2mg de benzoato de estradiol (BE) y un dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR). El grupo 1 (eCG6) y el grupo 2 (eCG8) recibieron 300 y 400 UI de gonadotropina coriónica equina para vaquillas y vacas, respectivamente. El grupo control no recibió ningún tratamiento. Acetato de buserelina= AB; IATF= inseminación artificial a tiempo fijo; y US= ultrasonografía.

Resultados y discusión

La tasa de gestación para el grupo eCG6 fue del 15% mayor que el grupo control, pero fue 13% menor que el grupo eCG8 (Figura 2), aunque no se observó diferencia estadísticamente significativa ($P>0.05$) entre grupos. Los resultados mostraron diferencia numérica, en la cual la administración de una dosis de gonadotropina coriónica equina al retirar el CIDR (eCG8) produjo tasas de gestación más altas en comparación con el grupo de control y el eCG6.

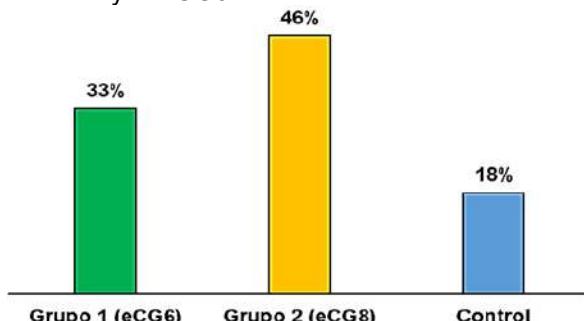


Figura 2. Tasas de gestación para vacas y vaquillas. Grupo 1: eCG6, animales que recibieron una inyección de gonadotropina coriónica equina 48 horas antes del retiro del dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR); grupo 2: eCG8, hembras que recibieron una inyección de gonadotropina coriónica equina al retiro del CIDR; y grupo control (sin gonadotropina coriónica equina).

Por otra parte, un estudio reciente realizado con vacas de carne en anestro, implementaron un protocolo de sincronización en el cual se mantuvo el CIDR del día 0 al 7 a diferencia del presente estudio (día 0 al 8), observaron que la administración de gonadotropina coriónica equina 48h antes del retiro del CIDR adelantó la ovulación de un folículo de mayor tamaño y generó un aumento en la tasa de gestación (1). La tendencia actual, sugiere el diseño de protocolos de sincronización e IATF que reducen el periodo de permanencia del dispositivo intravaginal de progesterona y extienden el periodo comprendido del retiro del dispositivo de progesterona hasta la IATF (la cual aumenta la fase de proestro), ha generado nuevas oportunidades para incrementar la fertilidad en el ganado de carne, ya que aparentemente hay una fuerte asociación positiva entre la duración del proestro con el estado de maduración del folículo y con la tasa de gestación (4,5). A diferencia del protocolo de sincronización diseñado en el presente trabajo, los experimentos previamente mencionados recomiendan la permanencia del CIDR del día 0 al 6, al retiro

CIDR una inyección de gonadotropina coriónica equina y PGF_{2α}, y en el día 9 la aplicación de GnRH e IATF (5). Por otra parte, otro grupo de investigadores ha propuesto dividir la dosis de gonadotropina coriónica equina en dos días diferentes durante el protocolo de sincronización (200 UI 48h antes y 200 UI al retiro del CIDR), aunque solo observaron un impacto positivo en la tasa de gestación en las vacas primíparas, mientras que las multíparas no mostraron efecto de tratamiento (3).

En el caso del efecto del estatus fisiológico, en el presente estudio no hubo diferencias significativas en las tasas de gestación entre vacas y vaquillas. Además, se observó que la presencia de la cría tuvo un efecto significativo en la tasa de gestación ($P<0.05$). De igual forma, el diámetro folicular no fue estadísticamente significativo entre grupos para el presente trabajo. De manera opuesta, Sales *et al.* (2) registraron que el diámetro del folículo dominante (12.4 mm) y el crecimiento folicular (1.4 mm/día) fue mejor en las vacas que recibieron gonadotropina coriónica equina en el día del retiro del CIDR en comparación con el grupo control.

Conclusiones

En resumen, el estudio concluyó que no hubo diferencias significativas en las tasas de gestación entre el grupo eCG6 y los otros grupos, tampoco hubo variaciones significativas entre vacas y vaquillas. Por otra parte, la presencia del ternero afectó significativamente la tasa de gestación, mientras que el tamaño del folículo no mostró significancia en el modelo. Sin embargo, se sugiere hacer estudios con un mayor número de animales.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al rancho “San Rafael” por haber permitido la realización del experimento y el préstamo de los animales. El presente trabajo fue financiado con fondos fiscales del INIFAP como parte del proyecto “Descubrimiento de genes relacionados con el consumo de alimento residual y características de la canal de bovinos productores de carne de registro en México”.

Referencias bibliográficas

1. Aragunde Vieytes R, Viñoles Gil C, Gastal GDA, and Cavestany D. 2023. Equine chorionic gonadotropin administered on day 5 of a 7-days fixed-time artificial insemination program improves ovulation synchrony and corpus luteum function in anestrous beef cows. *Theriogenology* 1;195:62-68. doi: 10.1016/j.theriogenology.2022.10.016.
2. Sales JNS, Bottino MP, Silva LACL, Girotto RW, Massoneto JPM, Souza JC, and Baruselli PS. 2016. Effects of eCG are more pronounced in primiparous than multiparous *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. *Theriogenology* 86(9):2290-2295 doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.07.023.
3. Sales AFF, Cappellozza BI, Vilela E, Claro Júnior I, Sá Filho OG, and Vasconcelos JLM. 2024. Effects of equine chorionic gonadotropin dosage and its splitting in different days on reproductive performance of Nellore cows synchronized for timed-artificial insemination. *Theriogenology* 218:267-275. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.02.006>.
4. Bó GA, de la Mata JJ, Baruselli PS, and Menchaca A. 2016. Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology* 86:388-396.
5. Menchaca A, Dutra S, Carrau JM, Sapriza F, Salazar J, de la Mata JJ, and Bó GA. Improvement 591 of pregnancy rates by using the 6-day J-Synch protocol in recipient cows transferred with in vitro produced embryos. *Animal Reproduction* 12:653 (abstract).

CONCEPCIÓN Y PROLIFICIDAD DE OVEJAS PELIBUEY CON EMPADRE EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO.

Mario Alfredo Espinosa-Martínez^{1*}, Luis Javier Montiel-Olguín¹, María Denisse Montoya-Flores¹, Héctor Jiménez-Severiano¹, Fernando Villaseñor-González², Eliab Estrada-Cortés², Anahy Danae Vargas-Velázquez³

¹CENIDFyMA, INIFAP; ²CE Centro-Altos de Jalisco, INIFAP; ³CNRG, INIFAP

*Autor para correspondencia: espinosa.mario@inifap.gob.mx

Palabras clave: Reproducción, ovinos, estaciones.

Introducción

En el ámbito reproductivo de la especie ovina, la tasa de concepción es un indicador clave en la rentabilidad de los rebaños. Adicionalmente, para esta especie la prolificidad es una cualidad apreciada en diferentes razas ovinas como la Pelibuey. Esta raza originada en regiones tropicales se ha expandido a diferentes regiones de México, incluyendo zonas templadas (Aguilar-Martínez *et al.*, 2017) haciéndola una de las razas de pelo con mayor presencia en el país. Algunos estudios han mostrado la influencia que puede tener la época del año sobre diferentes indicadores productivos y reproductivos en especies rumiantes (de la Isla *et al.*, 2010; Lagares *et al.*, 2021; Romero *et al.*, 2009), aunque generalmente asociados a la presentación de estros y actividad ovulatoria. Ante las evidentes repercusiones medioambientales asociadas al cambio climático, cada vez más, se hace necesario el estudio de los efectos de diferentes condiciones medioambientales asociadas a las diferentes épocas del año, sobre la productividad de las diferentes especies pecuarias. La especie ovina, puede lidiar con condiciones que podrían limitar su reproducción en ciertas épocas del año (Sánchez, 2014; Urrutia y Ochoa, 2008), en especial en razas altamente estacionales. Sin embargo, especies menos estacionales como la Pelibuey bajo condiciones de clima templado también podrían tener alteraciones en indicadores prioritarios como la concepción y la prolificidad, cuestión que ha sido poco estudiada.

Objetivo

Determinar el efecto de la época de empadre sobre la concepción y prolificidad de ovejas Pelibuey en condiciones de clima templado.

Materiales y Métodos

Se utilizaron 231 registros de empadres de 101 ovejas Pelibuey durante los años 2018 a 2021, las cuales se ubicaron en una unidad pecuaria ovina (20° 42' N, 100° 01' O) en el municipio de Colón, en el estado de Querétaro, México. La región cuenta con un clima semiárido templado, con una temperatura anual promedio de 17.4°C y una precipitación anual de 439 mm.

Las ovejas fueron incluidas en grupos de empadre que tuvieron una duración de 34 días. Se consideraron dos grupos de empadre en función de la época del año. Las épocas fueron nombradas como verano, cuando el empadre inicio en el mes de junio y de otoño cuando el empadre inició en el mes septiembre-octubre. Durante el empadre, las ovejas se mantuvieron con un semental en una proporción que no excediera 25 ovejas para un semental de la misma raza Pelibuey, con buen historial de desempeño reproductivo. Previo al inicio de cada empadre, las ovejas fueron pesadas mediante una báscula electrónica, además de estimar su condición corporal. Para esto último, se empleo la escala de 1 a 5, de acuerdo a lo descrito por Romero (2015). Aproximadamente a los 40 días posterior al término de un periodo de empadre, las ovejas fueron sometidas a diagnóstico de gestación mediante ultrasonografía, empleando un equipo Honda HS2000 equipado con un transductor de 5 MHz. Al parto, el número de crías fue registrado para determinar la prolificidad (crías/oveja gestante) y prolificidad total (crías/oveja en empadre). Las ovejas durante el empadre se mantuvieron algunas horas en pastoreo y fueron suplementadas en corral, cubriendo sus requerimientos establecidos por el NRC (2007). Los resultados de concepción fueron sometidos a análisis de Chi cuadrada para determinar posibles diferencias entre grupos de empadre, mientras que los datos de peso, condición corporal y prolificidad se sometieron a análisis de varianza, considerando el efecto de época de empadre, además de incluir en el modelo estadístico el año de empadre como bloque. Para el análisis de la información se empleó el paquete estadístico SAS.

Resultados y discusión

Los resultados se muestran en el cuadro 1. Al iniciar el empadre en otoño, las ovejas presentaron una mayor ($P<0.05$) condición corporal en comparación con el grupo de empadre en verano. Sin embargo, la condición corporal observada en ambos grupos cumplió con las recomendaciones establecidas en la literatura (Vatankhah *et al.*, 2012), estando ambos grupos ligeramente por arriba de una condición corporal de 3.0. Esta mayor condición corporal podría deberse al menos parcialmente a una mayor calidad de forrajes consumidos durante el pastoreo en el periodo previo al inicio del empadre de otoño, momento en que las lluvias ya se han presentado en la región en estudio (INEGI, 2010). La misma diferencia entre grupos se observó ($P<0.05$) para el peso corporal al iniciar el empadre, quizá también asociado a la mayor condición corporal descrita previamente. Otra posibilidad es que el grupo en otoño hubiera tenido ovejas de mayor edad y que esto hubiera generado un mayor peso promedio como se ha observado en otros estudios (Guzmán *et al.*, 2022). Sin embargo, esta edad no fue determinada en el estudio. La concepción no se afectó (>0.05) por la época de empadre, presentando un porcentaje superior a lo registrado en la raza por otros estudios (Méndez-Palacios *et al.*, 2020). Las diferencias entre ellos pueden atribuirse a causas multifactoriales como el tipo de servicio, el semental empleado, la condición corporal de las ovejas y sementales, la estación del año, etc. Como se mencionó previamente, la condición corporal en ambos grupos fue buena, por lo que pudo haber favorecido que las ovejas tuvieran las reservas energéticas necesarias para lograr la concepción. Sin embargo, la prolificidad en las ovejas gestantes fue mayor ($P<0.05$) cuando el empadre ocurrió en el otoño, en comparación con el grupo de empadre en verano. De esta manera, el desarrollo corporal de las ovejas al empadre es suficiente para lograr la concepción; sin embargo, la misma podría no haber sido la suficiente en el grupo de empadre en verano para tener una mejor prolificidad. Por otro lado, se ha sugerido que un menor peso corporal, puede limitar el mantenimiento de más de un cordero en el útero debido a condiciones de espacio (García-Chávez *et al.*, 2020; Drobik y Martyniuk, 2014). Esto podría haber afectado, al menos en parte, la prolificidad en aquellas ovejas cuyo empadre fue en verano. Además, es probable que condiciones medioambientales como la temperatura promedio más alta que se presenta previo al empadre de verano pudiera ser nocivo para la concepción y/o mantenimiento de un mayor número de embriones, lo cual deberá ser motivo de estudios futuros. Algunos efectos de estrés calórico sobre la reproducción de especies rumiantes han sido documentados, incluyendo efectos sobre la fertilidad o la tasa de gestación (Naranjo-Gómez *et al.*, 2021; Takahashi, 2011), aunque deberán ser estudiados con mayor profundidad en la especie ovina. La prolificidad, considerando a la totalidad de ovejas en empadre mostró también una tendencia a ser diferente ($P=0.06$), nuevamente siendo mayor la prolificidad en ovejas con empadre en otoño vs en verano.

Cuadro 1. Variables de desarrollo corporal y reproductivas de ovejas Pelibuey en dos épocas de empadre

Variable	Época de empadre	
	Verano	Otoño
N	118	113
Condición corporal al empadre	3.16+0.1 ^a	3.29+0.1 ^b
Peso corporal al empadre	45.3+0.8 ^a	47.50+0.8 ^b
Concepción, %	92.4	93.8
Prolificidad (corderos/oveja gestante)	1.90+0.1 ^c	2.08+0.1 ^d
Prolificidad total (corderos/oveja en empadre)	1.74+0.1 ^a	1.97+0.1 ^b

^{abP<0.01; cdP=0.06}

Conclusiones

El empadre durante la época de verano, tiene un efecto adverso sobre la prolificidad de ovejas Pelibuey en región templada. Esto podría deberse en parte a una menor condición corporal o peso corporal de las ovejas y algún efecto medioambiental como la temperatura durante los días cercanos a la concepción durante el empadre de las ovejas.

Agradecimientos

Al INIFAP, mediante fondos fiscales asociados a la unidad pecuaria ovina. SIGI 1344206346.

Fuente financiadora

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Referencias bibliográficas

1. Aguilar-Martínez CU, Berruecos-Villalobos JM, Espinoza-Gutiérrez B, Segura-Correa JC, Valencia-Méndez J, Roldán-Roldán A. A origin, history and current situation of Pelibuey sheep in México. *Trop Subtrop Agroecosystems* 2017; 20:429-439.
2. Drobik W, Martyniuk E. Factors affecting prolificacy and lambs rearing results in Olkuska sheep population. *Anim Sci* 2014; 54: 85-94.
3. García-Chávez CA, Luna-Palomera C, Macías-Cruz U, Segura-Correa JC, Ojeda-Robertos NF, Peralta-Torres JA, Chay-Canúl AJ. Lamb growth and ewe productivity in Pelibuey sheep under tropical conditions. *Rev Mex Cienc Pecu* 2020; 11:884-893.
4. Guzman MV, Castillo LEB, Hinojosa CJA, Oliva HJ. Body weight of the yearling ewe at first breeding program and productivity in the first two lambing. *Nova Scientia* 2022; 14:1-16.
5. Méndez-Palacios NN, Hernández CJ, Méndez-Palacios NN, Vázquez-Flores F, Méndez-Mendoza M, Córdova-Izquierdo A. Increase of fertility and prolificacy in FGA synchronized Pelibuey sheep with BST and ECG injection. *Revista Científica FVC-LUZ* 2020; 30: 38-41.

EFECTO DE PERIODOS DE ESPERA VOLUNTARIA SOBRE PARÁMETROS REPRODUCTIVOS Y PRODUCTIVOS EN VACAS HOLSTEIN DE TECATE, BAJA CALIFORNIA.

Juan Antonio Castro-García¹, Alberto Barreras-Serrano^{1*}, Víctor Manuel González-Vizcarra¹, Eduardo Sánchez-López¹, Fernando Figueroa-Saavedra¹

¹Maestría en Ciencias Veterinarias. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California

*Autor para correspondencia: abarerras@uabc.edu.mx

Palabras clave: Periodo de espera voluntaria, parámetros reproductivos y productivos, Holstein.

Introducción

La medición del desempeño productivo y reproductivo es una parte fundamental para evaluar la sostenibilidad de los hatos lecheros. Debido a que la producción de leche está directamente condicionada por el parto de la vaca, el periodo de producción de ésta depende en gran medida de la eficiencia reproductiva que se maneja en el hato (Secundino D.V., 2018). Por lo tanto, el utilizar indicadores medibles y cuantificables del rendimiento productivo y reproductivo en el hato permite una evaluación más eficiente y objetiva (Lane et al., 2013; Mariscal et al., 2016). El intervalo entre partos (IEP), que como su nombre lo indica está determinado por los días que transcurren entre un parto y el siguiente (Hernández, 2016). A su vez, el IEP es influenciado por el periodo de espera voluntario (PEV) definido como el tiempo entre el parto y el momento en que la vaca es elegible para su primera inseminación (Inchaisri et al., 2011).

En función del PEV planteado, será el intervalo entre partos (I/P) esperado siendo para el ganado lechero un óptimo de 12-13 meses, lo cual significa que el periodo parto-concepción no debería sobrepasar los 120 días de lactancia. Sin embargo, no hay garantía de que eso suceda (De Vries, 2006).

Objetivo

Evaluar el efecto de manejar distintos períodos de espera voluntaria sobre la producción de leche, intervalo parto-concepción e intervalo entre partos, en vacas Holstein de Tecate, B.C.

Materiales y métodos

Se utilizaron los datos productivos y reproductivos de 2578 vacas de la raza Holstein de 11 establecimientos comerciales con frecuencias entre 75 y 407 animales cada uno. Los registros fueron generados durante los años 2018-2020 obtenidos del programa Dairy Comp 305 (Valley Agricultural Software). La región de Tecate, BC se localiza a una altitud de entre 200 y 1600 m, los veranos son cálidos y los inviernos son fríos y parcialmente nublados. La temperatura varía de 4°C a 31°C con un rango de precipitaciones de 0 a 600 mm. Las vacas son manejadas en un sistema intensivo, con instalaciones especializadas y con procesos mecanizados en la ordeña. La alimentación se basa en forrajes de buena calidad, que se complementan con alimento concentrado. El comportamiento reproductivo es constantemente monitoreado por personal capacitado y se maneja la inseminación por celo detectado, así como el implemento de protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo.

Por vaca se obtuvieron: número de vaca, fecha de nacimiento, hato, número de parto, fecha de parto, estación de parto, año de parto, fecha al primer servicio, fecha al servicio fértil, número de servicios por concepción, fechas de IA, fecha de concepción, períodos de espera voluntario (PEV), programa reproductivo, largo de lactancia, producción total de leche (PTL), producción ajustada a 305 días (PL305) y producción ajustada a 305 días por equivalente maduro (PL305EM).

Se realizó un análisis de frecuencias, además, se obtuvieron los estadísticos descriptivos generales y por PEV, año de parto, época de parto y número de parto. Las variables: días en leche, PTL, PL305, PL305EM, intervalo parto-concepción e intervalo entre partos, se analizaron con un modelo lineal estadístico de efectos mixtos que incluyó el efecto común o media general, además los factores fijos períodos de espera voluntaria cortos cuyo rango será de 45 a 59 días, normal entre 60 a 79 días y PEV extendidos de 80 a 130 días, número de parto (1, 2, 3 y ≥ 4 partos), los efectos de la subclase hato-año-estación, todas las posibles interacciones y el efecto aleatorio de error o residual. El análisis se llevó a cabo de aplicar los procedimientos FREQ, MEANS y MIXED del programa estadístico SAS ver 9.4. Cuando la interacción resultó no significativa ($P>0.05$) se eliminó del modelo. La significancia del componente del modelo se declaró cuando $P<0.05$. Se obtuvieron medias mínima cuadráticas junto con sus errores estándar para

cada variable dependiente considerada y cuando la clase fue significativa se realizó la comparación de efectos medios aplicando el procedimiento Tukey.

Resultados y discusión

El porcentaje de preñez al primer servicio, fue del 28.94% para el total de animales evaluados (n=2578), dicho porcentaje se encuentra por debajo del 35% indicado como mínimo óptimo para explotaciones lecheras (Hernández, 2016) y de Rodríguez y colaboradores en 2009 (35.4% preñez/IA). El promedio de días en producción al primer servicio fue de 71.85 ± 15.21 , económicamente óptimos recomendado por Inchaisri y colaboradores (2011). Aunque la ventana de oportunidad para inseminar por primera vez a la vaca sea como máximo a los 130 días, un promedio de 2.65 servicios por concepción aunado a diversos factores presenta un margen muy amplio de intervalo parto-concepción (142.66 ± 78.89 días) dando por consiguiente intervalos entre partos de 427.66 ± 76.89 días, ambos indicadores por encima del esperado (Ramírez y Segura, 1992; Norman et al., 2009). En cuanto al comportamiento productivo, se manejan animales que en promedio cursan su segunda o tercera lactancia y por consiguiente obtienen sus mejores registros de producción, aunque la variación entre los registros es bastante grande, producciones promedio diarias de 32 kg para lactancias ajustadas a 305 días y de 36.56 kg por largo de lactancia de 291.71 ± 61.109 indican un buen manejo de la producción en las distintas explotaciones. El efecto de diferentes períodos de espera voluntario (PEV) sobre las variables en estudio se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Efecto de diferentes períodos de espera voluntario (PEV) sobre variables productivas y reproductivas en vacas Holstein de Tecate, B.C.

Variable en estudio	Período de espera voluntario (PEV) ^{1/}			
	Corto (45 a 59 d)	Normal (60 a 79 d)	Extendido (80 a 130 d)	E.E.
número de vacas disponibles	536	1368	674	
Largo de lactancia, d	283.50	290.27	301.16	2.63
Producción total de leche (PTL), kg	10546	10654	10665	69.47
Producción a 305 días (PL305), kg	9556.11	9606.36	9533	85.65
PL305 y equivalente maduro (PL305EM), kg	12069	12137	12168	103.28
Intervalo parto-concepción, d	136.76 ^c	152.51 ^b	176.28 ^a	15.40
Intervalo entre partos (IEP), d	421.72 ^c	437.51 ^b	461.28 ^a	23.35

^{1/} Medias con distinto superíndice por renglón, son diferentes (P<0.05)

Para días abiertos e intervalo entre partos, se observó que al aumentar el PEV también lo hacía el promedio de intervalo parto-concepción y por consiguiente el tiempo hasta el siguiente parto similar a lo reportado por Stangaferro et al. (2018a,b). Las variables de rendimiento lácteo no resultaron con efecto (P>0.05) del PEV, concordando con Carvalho et al. (2014) y Machado et al. (2017). PL305 presentó un mejor comportamiento con un PEV normal, mientras que PTL y PL305EM fueron menores en PEV corto.

Conclusiones

Extender el periodo de espera voluntario por encima de los 80 días traerá como consecuencia el aumento del intervalo parto-concepción y un intervalo entre partos mayor, lo que puede resultar en pérdidas para el productor ya que no se presenta un beneficio en las variables de producción por aumento en PEV.

Si una vaca queda vacía al primer servicio independientemente del número de lactancia en curso, se obtiene una producción total de leche y valores ajustados de producción mayor debido al aumento significativo del intervalo parto-concepción. Aunque también pudiera verse comprometida la relación costo-beneficio del sistema productivo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías por brindar el apoyo económico para la realización de los estudios de maestría.

Referencias bibliográficas

1. Carvalho P.D., J.N. Guenther, M.J. Fuenzalida, M.C. Amundson, M.C. Wiltbank and P.M. Fricke. 2014. Presynchronization using a modified Ovsynch protocol or a single gonadotropin-releasing hormone injection 7 d before an Ovsynch-56 protocol for submission of lactating dairy cows to first timed artificial insemination. *J. Dairy Sci.* 97:6305-6315.
2. De Vries A. 2006. Ranking Dairy Cows for Optimal Breeding Decisions. Proceedings 43rd Florida Dairy Production Conference, Gainesville, May 2, 2006. 46-66.
3. Hernández C.J. 2016. Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia- Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
4. Inchaisri C., R. Jorritsma, P.L.A.M. Vos, G.C. Van der Weijden and H. Hogeveen. 2011. Analysis of the economically optimal voluntary waiting period for first insemination. *J. Dairy Sci.* 94:3811-3823.
5. INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal. Tecate, Baja California.
6. Lane E.A., M.A. Crowe, M.E. Beltman and S.J. More. 2013. The influence of cow and management factors on reproductive performance of Irish seasonal calving dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 141:34-41.
7. Machado V.S., R.C. Neves, F.S. Lima and R.C. Bicalho. 2017. The effect of Presynch-Ovsynch protocol with or without estrus detection on reproductive performance by parity, and the long-term effect of these different management strategies on milk production, reproduction, health and survivability of dairy cows. *Theriogenology.* 93:84-92.
8. Mariscal-Aguayo V., A.P. Cervantes, H.E. Quintero, M.H. Bravo, R.R. Santos and R.N. Domínguez. 2016. Indicadores reproductivos de vacas lecheras en agroempresas con diferente nivel tecnológico en Los Altos de Jalisco. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo.* 13:493-507.
9. Norman H.D., J.R. Wright, S.M. Hubbard, R.H. Miller and J.L. Hutchison. 2009. Reproductive status of Holstein and Jersey cows in the United States. *J. Dairy Sci.* 92:3517-3528.
10. Ramírez R. y J.C. Segura. 1992. Comportamiento reproductivo de un hato de vacas Holstein en el noreste de México. *Livestock Research for Rural Development.* Vol.4. Art.14.
11. Rodríguez C.O.A., B.R. Díaz, G.O. Ortiz, C.G. Gutiérrez, H.H. Montaldo, O.C. García y C.J. Hernández. 2009. Porcentaje de concepción al primer servicio en vacas Holstein tratadas con hormona bovina del crecimiento en la inseminación. *Veterinaria México.* 40:1-7.
12. Secundino D.V. 2018. Diagnóstico y evaluación de indicadores reproductivos de vacas Holstein y su efecto productivo en un sistema semi-intensivo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec de González, México.
13. Stangaferro M.L., R. Wijma, M. Masello and J.O. Giordano. 2018a. Reproductive performance and herd exit dynamics of lactating dairy cows managed for first service with the Presynch-Ovsynch or Double-Ovsynch protocol and different duration of the voluntary waiting period. *J. Dairy Sci.* 101:1673-1686.
14. Stangaferro M.L., R. Wijma, M. Masello, J.T. Mark and J.O. Giordano. 2018b. Extending the duration of the voluntary waiting period from 60 to 88 days in cows that received timed artificial insemination after the Double-Ovsynch protocol affected the reproductive performance, herd exit dynamics, and lactation performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101:717-735.

ENFRIAMIENTO INTERMITENTE CON MICROASPERSIÓN PRE Y POST-INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN CERDAS EN CLIMAS CÁLIDOS: CONSTANTES FISIOLÓGICAS Y DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO.

Lenin A. Magdaleno-Del Rio¹, Judith. G. Ríos-Martínez, Alejandra Y. Montana-Salmeron¹, Edith Sáenz-Flores¹, Luis R. García-Flores¹, Néstor Arce-Vázquez², Juan Gonzalez-Maldonado² y Lorenzo Buenabad^{1*}

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, 31453, México

²Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali 21100, México

*Autor para correspondencia: buenabad.lorenzo@gmail.com

Palabras Clave: Cerda reproductora; ambientes cálidos; enfriamiento microaspersión.

Introducción

La presión de selección en el cerdo moderno condujo a la generación de animales con un mayor potencial productivo y reproductivo, pero también incrementó su vulnerabilidad a condiciones deficientes de manejo zootécnico y ambientales, como el calor extremo. En este sentido, los sistemas de enfriamiento para el confort ambiental en climas cálidos extremos son necesarios para reducir la carga de calor en los animales. Lo anterior favorecería un desempeño productivo y reproductivo consistente o muy cercano a su potencial genético (Ross *et al.*, 2017). En la industria porcina mundial, el calor extremo ocasiona grandes pérdidas económicas anualmente las cuales se asocian al pobre desempeño reproductivo de las cerdas, la reducción del crecimiento y la calidad de la canal en animales de engorda (St-Pierre *et al.* 2003). Así, en la porcicultura de EEUU se estimó que las pérdidas económicas anuales asociadas con el calor extremo rondan los 300 millones de dólares (St-Pierre *et al.* 2003). El calor extremo incrementa la temperatura corporal de los cerdos, especialmente en las cerdas reproductoras lo que conduce a la reducción de la tasa de pariciones y el tamaño de camada (Bertoldo *et al.*, 2009). Además, el calor extremo influencia notablemente el metabolismo de los lechones durante la gestación y compromete el rendimiento futuro de estos a través de modificaciones epigenéticas (Boddicker *et al.*, 2014). Con base en lo anterior, se especuló que el enfriamiento pudiera reducir la carga de calor en la cerda alrededor de la concepción y con ello mejorar el rendimiento productivo y reproductivo subsecuente. Sin embargo, la evaluación sistemática sobre la mejora del confort a través del enfriamiento intermitente con un sistema de microaspersión en cerdas en sistemas de producción a pequeña escala no ha sido ampliamente difundido.

Objetivo

Evaluar el efecto del enfriamiento intermitente con microaspersión alrededor del momento de la concepción sobre las constantes fisiológicas y el desempeño productivo y reproductivo de la cerda.

Materiales y métodos

Se utilizaron once cerdas reproductoras recién destetadas (York x Landrace; Pietrain) para evaluar la influencia del enfriamiento con microaspersión sobre las constantes fisiológicas y el desempeño productivo y reproductivo. Las cerdas fueron manejadas siguiendo las especificaciones para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999,2001). La temperatura ambiente y la humedad relativa se registró continuamente durante la prueba (Data Logger Kestrel DROP D2). El índice de temperatura y humedad (ITH) se calculó de acuerdo a NRC, (1971): $ITH=((1.8*T)+32)-[(0.55-0.0055*HR)*(1.8*T)-26.8]]$, donde: T-temperatura ambiente, °C; HR-humedad relativa, %. Las constantes fisiológicas frecuencia cardiaca (FC) y respiratoria (FR), temperatura rectal (TR) y superficial de trompa, oreja y paleta (DIKANG, Modelo: HG01) fueron evaluadas durante la parte fresca (0900 h) y cálida (1500 h) del día durante el periodo pre-servicio (5 d) y post-servicio de inseminación artificial (IA; 25 d). Las cerdas que retornaron a estro después del servicio de IA fueron descartadas del análisis. El sistema de enfriamiento consistió en una línea de agua (tubo de PVC HIDR RD-21 ½ de pulgada) con 4 boquillas de aspersión con flujo (4 L/h) regulado por un controlador de riego con temporizador (1000 a 1545 h; 30:30 min con y sin aspersión) y gasto de agua contabilizado por un aparato medidor de agua.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos fueron evaluados para homogeneidad de varianza y comparados a través de la prueba de t-student asumiendo varianza iguales o diferentes según el caso (AnalysisTools, Microsoft Excel).

Resultados y discusión

La temperatura ambiente e índice de temperatura y humedad (ITH) matutina (0900 h) y vespertina (1500 h) durante el periodo evaluado promediaron 29.95 y 33.60 °C, y 76.10 y 79.2, respectivamente. Los valores de ITH sugieren que las cerdas se encontraban en condiciones de estrés por calor (EC; ITH>74; St-Pierre *et al.* 2003) durante los periodos de estimación de las constantes fisiológicas. El costo por implementación del sistema de enfriamiento fue de \$1500.00 MXN (2 corrales; 54 m² con 36 m² de sombra/corral) para cerdas alojadas en grupo, aproximadamente; el consumo y costo comercial de agua mensual fue de 1.5 m³ y \$300.00 MXN (JMASChihuahua), aproximadamente. El efecto de tratamientos sobre las constantes fisiológicas en cerdas se muestra en el cuadro 1. Las condiciones ambientales matutinas no influyeron ($P>0.10$) sobre las constantes fisiológicas de las cerdas excepto por la frecuencia respiratoria, la cual fue menor ($P<0.05$) en las cerdas que recibieron enfriamiento. Lo anterior sugiere que el enfriamiento ayudó a mejorar la disipación de la carga de calor aun durante la parte más fresca del día (0900 h) sin la ayuda de jadeo excesivo y manteniendo sin cambios la temperatura rectal matutina entre grupos de tratamientos que promedió 37.82 °C.

Cuadro 1. Efecto de tratamientos sobre constantes fisiológicas en cerdas

Concepto	Hora	Testigo	Enfriamiento	Valor de <i>P</i>
Temperatura rectal	AM	38.25 ± 0.24	37.38 ± 2.10	>0.10
	PM	38.79 ± 0.22	37.67 ± 1.74	<0.10
Temperatura en paleta	AM	37.08 ± 0.39	36.07 ± 2.00	>0.10
	PM	38.79 ± 0.64	37.36 ± 1.86	>0.10
Temperatura en oreja	AM	37.44 ± 0.50	36.40 ± 1.78	>0.10
	PM	38.60 ± 0.21	37.36 ± 1.47	>0.10
Temperatura en hocico	AM	36.19 ± 0.37	35.23 ± 1.98	>0.10
	PM	37.16 ± 0.21	36.26 ± 1.70	>0.10
Frecuencia cardiaca	AM	77.75 ± 5.29	78.89 ± 1.88	>0.10
	PM	80.08 ± 3.84	78.89 ± 2.97	<0.05
Frecuencia respiratoria	AM	49.41 ± 10.77	35.00 ± 0.57	<0.05
	PM	73.47 ± 3.05	39.20 ± 1.15	<0.01

Por otra parte, las condiciones ambientales vespertinas no afectaron ($P>0.10$) las constantes fisiológicas evaluadas, sin embargo, la frecuencia cardiaca y respiratoria en las cerdas con enfriamiento fue menor ($P<0.05$) que el grupo testigo. Además, las cerdas sin enfriamiento mostraron una tendencia ($P<0.10$) a presentar mayor temperatura rectal vespertina con posibles consecuencias epigenéticas para la progenie sometida a condiciones de calor extremo durante la gestación (Boddicker *et al.*, 2014). Los cambios variables en las constantes fisiológicas diurnas indican que los animales enfrentan diferente nivel de estrés ambiental bajo condiciones de calor extremo (Ross *et al.*, 2017) de acuerdo con la variación normal de temperatura ambiente durante el día. El efecto de tratamientos sobre el desempeño productivo y reproductivo de las cerdas se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Efecto de tratamientos sobre el desempeño productivo y reproductivo de cerdas

Concepto	Testigo	Enfriamiento	Valor de <i>P</i>
Unidades experimentales, n	3	6	
Intervalo destete-estro, d	4.10 ± 0.02	5.06 ± 0.10	>0.10
Intervalo destete-servicio de IA ¹ , d	4.22 ± 0.02	5.30 ± 0.37	>0.10
Lechones nacidos totales, n	19.67 ± 3.51	13.83 ± 4.92	<0.05
Lechones nacidos vivos, n	15.00 ± 1.00	13.17 ± 4.79	>0.10
Lechones nacidos muertos, n	4.67 ± 2.52	0.67 ± 1.21	<0.10
PV lechones al nacimiento, kg	1.40 ± 0.25	1.52 ± 0.26	>0.10

¹Inseminación artificial

El sistema de enfriamiento utilizado en esta prueba no influyó ($P>0.10$) sobre las variables reproductivas y productivas estimadas alrededor del servicio de inseminación artificial (IA) o parto, respectivamente, excepto por la reducción ($P<0.05$) de lechones nacidos totales y la tendencia ($P<0.10$) a reducir los lechones nacidos muertos. En esta prueba, el enfriamiento se llevó a cabo por 25 días post-IA de la cual se especuló podría beneficiar la embriogénesis, resultado en mayor número de embriones implantados y por ende lechones nacidos, debido a que se conoce que el calor extremo durante la gestación temprana afecta negativamente la sobrevivencia embrionaria, sin embargo, los resultados fueron contrarios a lo esperado. Sin embargo, es difícil obtener conclusiones sólidas sobre estas características debido a que los resultados dependen de múltiples factores como la edad de las cerdas, manejo de la piara, y condiciones ambientales durante la gestación (Bertoldo et al., 2009), principalmente.

Conclusiones

El enfriamiento antes, durante y después de la inseminación artificial no afectó el desempeño reproductivo y productivo de las cerdas, sin embargo, este mejoró de manera substancial las condiciones de confort en animales mantenidos en condiciones de calor extremo, lo que repercute de manera positiva en el bienestar animal.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Sistemas de Producción de Porcinos de la FZyE-UACH.

Fuente financiadora

Remanente de proyectos varios.

Referencias bibliográficas

1. Boddicker, R. L., J. T. Seibert, J. S. Johnson, S. C. Pearce, J. T. Selsby, N. K. Gabler, M. C. Lucy, T. J. Safranski, R. P. Rhoads, L. H. Baumgard, y J. W. Ross. 2014. Gestational heat stress alters postnatal offspring body composition indices and metabolic parameters in pigs. *PLoS One* 9, e110859.
2. Bertoldo, M., C. G. Grupen, P. C. Thomson, G. Evans, y P. K. Holyoake. 2009. Identification of sow-specific risk factors for late pregnancy loss during the seasonal infertility period in pigs. *Theriogenology*, 72: 393–400.
3. NRC. 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. National Academy of Sciences, Washington, DC.
4. Ross, J. W., B. J. Hale, J. T. Seibert, M. R. Romoser, Mk. Adur, A. F. Keating, y L. H. Baumgard. 2017. Physiological mechanisms through which heat stress compromises reproduction in pigs. *Molecular Reproduction & Development*, 84:934–945.
5. St-Pierre, N. R., B. Cobanov, y G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*, 86: E52-E77.

FACTORES DE RIESGO PARA LA RESPUESTA REPRODUCTIVA A LA IATF CON SEMEN SEXADO EN GANADO CRUZADO BAJO CONDICIONES TROPICALES.

Cristian Eloy Pérez-Valadez¹, Eliab Estrada-Cortés^{12*}, Yobani Girón-Ruiz³, Abieser Vázquez-González³, José de Jesús Bustamante-Guerrero³, Diana Zamora-Gutiérrez², Zuamí Villagrán-de la Mora¹.

¹Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, CUALTOS-UDG; ²Laboratorio de Reproducción Animal, CE Centro Altos de Jalisco-INIFAP; ³CE Santiago Ixcuintla-INIFAP.

*Autor para correspondencia: estrada.eliah@inifap.gob.mx

Palabras clave: Semen sexado, inseminación artificial, trópico.

Introducción

La necesidad de alimentos para una creciente población mundial demanda un aumento en la productividad de los sistemas de producción (OECD/FAO, 2022). El uso biotecnologías reproductivas como la sincronización hormonal de la ovulación, la inseminación artificial y el semen sexado en ganado lechero, ha demostrado su efectividad para mejorar la eficiencia reproductiva y productiva (Holden y Butler, 2018). Algunas ventajas de estas biotecnologías, es que permiten realizar la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) sin necesidad de detección de estros, usar semen de toros con alto valor genético y decidir en > 90 % el sexo de las crías (hembras o machos) (Holden y Butler, 2018). En cambio, en los sistemas de producción de carne y doble propósito en México, se ha estimado que la sincronización hormonal y la inseminación artificial solamente se usa en un 9.1% y 4.6%, respectivamente (Lassala *et al.*, 2020). El porcentaje reducido en el uso de estas tecnologías fue observado independientemente de la región del país (Norte, Centro, Península, Pacífico y Golfo), zona climática (árida, semi-árida, templada, trópico seco y trópico húmedo) y tamaño del rancho (< 36, 36-100 y >100 cabezas) (Lassala *et al.*, 2020). Esto sugiere que existe un área de oportunidad para mejorar la productividad en estos sistemas de producción mediante la transferencia y adopción de dichas tecnologías reproductivas. No obstante, existe limitada información sobre el uso de semen sexado y los potenciales factores que se deben cuidar para tener la mejor respuesta reproductiva a la IATF después de la sincronización hormonal. En el presente manuscrito, se muestran resultados preliminares de un proyecto en desarrollo.

Objetivo

Identificar factores de riesgo para la respuesta reproductiva después del uso de inseminación artificial a tiempo fijo con semen sexado en ganado cruzado bajo condiciones tropicales.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental El Verdineño del INIFAP (20.7° N y 105.1° O), ubicado en Nayarit, México. Se llevó a cabo un empadre reproductivo durante la estación de otoño de 2023, en el cual se incluyeron 60 hembras cruzadas. Con base en los registros del Sitio Experimental, se obtuvo información respecto a la edad y número de partos al momento de la sincronización, así como del encaste (cruzas de Criollo Coreño, Guzerat, Angus y Charolás). Previo al empadre, se realizó una revisión ginecológica para determinar gestaciones y posibles anomalías del tracto reproductivo. Los animales fueron desparasitados (Ivomec - F, Boehringer Ingelheim) y vacunados para enfermedades reproductivas (Bovilis Vista L5 SQ, MSD). Además, recibieron una inyección de vitaminas ADE (ADE CHEMBIO, Inter Chem Bio S. A. de C. V.) y minerales (Multimin 90, Multimin USA Inc). El día de la sincronización hormonal, se evaluó la condición corporal con base en la escala del 1 al 9 (Richards *et al.*, 1986). También se realizó palpación transrectal con un ultrasonido para determinar la presencia de cuerpos lúteos y folículos (> 8 mm) como indicadores de actividad ovárica.

Se estableció un protocolo hormonal para la sincronización de la ovulación para IATF. En el día 0, se insertó un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (Cronipress 0.5 mg; Biogénesis Bagó) y se aplicó una inyección intramuscular de 2 ml (2 mg) de benzoato de estradiol (Sincrodiol, Ourofino). En el día 8, se aplicó una inyección de 2 ml (0.5 mg) de prostaglandina F2 alfa (Sincrocio, Ourofino), 1 ml (1 mg) de cipionato de estradiol (Sincro CP; Ourofino), 1.5 ml (300 UI) de eCG (Sincro Ecg, Ourofino), se removió el Cronipress y se marcó la base de la cola de las hembras con un crayón. A partir de este momento, se registró si los animales mostraron estro mediante detección visual y la marca del crayón. Esta actividad se

realizó por una hora durante las mañanas y otra hora durante las tardes hasta el momento del servicio. La IATF se realizó entre las 48-52 h después de la finalización del protocolo hormonal o día 10 de su inicio. Con base en la edad, número de partos y condición corporal al momento de la sincronización hormonal, las hembras fueron clasificadas de mayor a menor valor en una lista. Siguiendo el orden de la lista, previo a la IATF, las hembras fueron asignadas aleatoriamente a uno de dos tratamientos: semen convencional ($n=30$) o semen sexado para hembras ($n=30$). Las pajillas de semen (convencional y sexado) fueron obtenidas del mismo semental Brangus. A los 35 días después de la IATF, se realizó el diagnóstico de gestación por palpación transrectal con el apoyo de ultrasonido. Tres hembras no fueron localizadas e incluidas en el análisis de la información.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa SAS 9.3 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA). Primeramente, se obtuvieron los valores mínimos, cuartiles 1, 2 y 3, así como el valor máximo para la edad, número de partos y condición corporal al momento de la sincronización. Posteriormente, estas variables se clasificaron en binomiales con base en el valor del primer cuartil de su distribución; consecutivamente, todas fueron sujetas a análisis de frecuencias (Cuadro 1). La concepción post-IATF se estableció como la variable de respuesta reproductiva y se realizó un análisis de regresión logística univariada para cada factor de riesgo potencial. Solamente, los factores con un nivel de $P \leq 0.4$ en la regresión logística univariada, fueron incluidos en un análisis de regresión logística multivariada con el propósito de jerarquizar los factores según el nivel de su efecto (Cuadro 2). Se utilizó el procedimiento PROC LOGISTIC para obtener la razón de momios (Odds Ratio, OR) e intervalos de confianza. La significancia estadística se estableció a un nivel de $P \leq 0.05$ y de tendencia a un nivel de $P \leq 0.1$.

Cuadro 1. Prevalencia de los factores de riesgo potenciales evaluados para la concepción después de la inseminación artificial a tiempo fijo usando semen-sexado.

Factor de riesgo potencial	Prevalencia % (Número/Total)	Factor de riesgo potencial	Prevalencia % (Número/Total)
Tipo de Semen		Folículo ovárico > 8 mm	
Semen convencional	50.9 (29/57)	No	71.9 (41/57)
Semen sexado	49.1 (28/57)	Si	28.1 (16/57)
Edad de las vacas		Actividad ovárica	
≤ 61 meses	26.3 (15/57)	No	17.5 (10/57)
> 61 meses	73.7 (42/57)	Si	82.5 (47/57)
Número de partos		Manifestación de estro	
≤ 1 partos	45.6 (26/57)	No	7.1 (4/57)
> 1 partos	54.4 (31/57)	Si	92.9 (53/57)
Condición corporal		Concepción post-IATF	
≤ 6 puntos	43.9 (25/57)	No	52.6 (30/57)
> 6 puntos	56.1 (32/57)	Si	47.4 (27/57)
Cuerpo lúteo			
No	29.8 (17/57)		
Si	70.2 (40/57)		

Resultados y discusión

Los valores para la edad en meses de los vientres incluidos al estudio fueron de 34, 61, 95, 125 y 168 para el mínimo, cuartil 1, 2 y 3, y el valor máximo, respectivamente. Para el número de partos los valores fueron 1, 1, 2, 4 y 7 para el mínimo, cuartil 1, 2 y 3, y el valor máximo, respectivamente. En cuanto a la condición corporal los valores fueron de 5, 6, 7, 7 y 8 para el mínimo, cuartil 1, 2 y 3, así como el valor máximo, respectivamente. Aunque el rango de edad y número de partos de las hembras fue amplio, la condición corporal en general, fue buena de acuerdo con las recomendaciones convencionales (Richards *et al.*, 1986). La mayoría de los vientres mostró evidencia de tener actividad ovárica a través de la presencia de cuerpos lúteos (70.2%) o cuerpos lúteos y/o folículos > 8 mm (variable actividad ovárica, 82.5%). La respuesta en cuanto a la conducta de estro al protocolo de sincronización también fue alta (92.9%) y la tasa de concepción general después de la IATF fue aceptable (47.4%) para condiciones tropicales.

Cuadro 2. Resultados de los análisis de regresión logística multivariada para la concepción después de la inseminación artificial a tiempo fijo usando semen-sexado.

Factor	Nivel	OR (IC 95%)	P
Tipo de semen	Semen sexado Semen convencional	Referencia 3.30 (1.03 - 10.55)	0.0438
Número de parto	> 1 parto ≤ 1 parto	Referencia 1.95 (0.60 - 6.40)	0.2683
Folículo ovárico > 8 mm	Si No	Referencia 2.84 (7.30 - 11.1)	0.1303
Manifestación estro	No Si	Referencia 3.72 (0.33 - 41.8)	0.2877

OR= Razón de Probabilidad. IC 95% = Índice de Confianza a 95 %. P= valores de probabilidad.

En los análisis de regresión logística univariada para concepción, solamente los factores tipo de semen, número de partos, presencia de folículo ovárico al inicio de la sincronización y manifestación de estro después de la sincronización tuvieron un nivel de $P \leq 0.4$. Por lo tanto, solamente éstos factores fueron incluidos en la regresión logística multivariada. Como se puede observar en el Cuadro 2, no hubo diferencias estadísticamente significativas para los efectos número de parto, presencia de folículos y manifestación de estro, pero si se encontró un efecto significativo por el tipo de semen utilizado en la IATF ($P=0.0438$). Las hembras que fueron inseminadas con semen convencional tuvieron 3.3 mayor probabilidad de quedar gestantes respecto a las hembras que fueron inseminadas con semen sexado. Como referencia, la tasa de concepción según el tipo de semen fue de 58.6% y 35.7% ($P=0.0438$) para semen convencional y semen sexado, respectivamente.

Conclusiones

En conclusión, aunque se tenga un rango amplio en la edad y número de partos de las hembras, si estas tienen una condición corporal buena y actividad ovárica al momento de la sincronización hormonal, la respuesta reproductiva general es aceptable. Sin embargo, los resultados preliminares indican que el uso de semen sexado constituye un factor de riesgo que puede reducir la respuesta reproductiva cuando se usa IATF en ganado cruzado bajo condiciones tropicales.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al proyecto “Uso de semen sexado y suplementación pre-destete en la generación de beceras de reemplazo en el sistema de producción vaca-cría en condiciones de trópico seco” con número SIGI 23164035767, financiado con Recursos Fiscales del INIFAP.

Referencias bibliográficas

- Holden SA, Butler ST. 2018. Review: Applications and benefits of sexed semen in dairy and beef herds. Animal. 12(s1): s97-s103. DOI: 10.1017/S1751731118000721.
- Lassala A, Hernández-Cerón J, Pedernera M, González-Padilla E, Gutiérrez CG. 2020. Cow-calf management practices in Mexico: Reproduction and breeding. Veterinaria México. 7(1). doi:10.22201/fmvz.24486760e.2020.1.839.
- OECD/FAO (2022), OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en>.
- Richards MW, Spitzer JC, Warner MB. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J Anim Sci. 62:300e6. <https://doi.org/10.2527/jas1986.622300x>
- Thomas JM, Locke JWC, Vishwanath R, Hall JB, Ellersiek MR, Smith MF, Patterson DJ. 2017. Effective use of SexedULTRA™ sex-sorted semen for timed artificial insemination of beef heifers, Theriogenology. 98:88-93. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2017.03.018.

DINÁMICA OVÁRICA EN BOVINOS PRODUCTORES DE CARNE TRATADOS CON HORMONA LIBERADORA DE GONADOTROPINAS (GnRH) Y PROSTAGLANDINA F2-ALFA (PGF2- α) PREVIO AL INICIO DEL EMPADRE.

Sulma García España¹, Rene Carlos Calderón Robles², Cyndi Gabriela Hernández Coronado³, Ana María Rosales Torres³, Ricardo Faustino Carmona⁴, Adrián Guzmán Sánchez^{3*}.

1 Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. 2 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Las Margaritas. 3 Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Departamento Producción Agrícola y Animal. 4 Práctica privada, Ayotocoxo de Guerrero.

*Autor para correspondencia: aguzman@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: Bovinos productores de carne, GnRH, PGF2- α , empadre, dinámica ovárica

Introducción

La eficiencia reproductiva en los sistemas de producción de becerro en México es baja, llegando a tener tasas de gestación en empadres continuos de solo el 32% (Lassala et al., 2020). Ante esta problemática, se ha propuesto que los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), pueden ser una buena estrategia que a corto plazo puede mejorar la eficiencia reproductiva en estos sistemas de producción. Por ejemplo, vacas Nelore sometidas a un protocolo de IATF basado en estradiol usando solo monta natural o inseminación más monta natural, tuvieron mayor tasa de preñez durante el empadre que vacas sin tratamiento (Ferreira et al., 2018; Sá Filho et al., 2013). Aunque estas evidencias muestran claramente el beneficio de estos tratamientos hormonales, los altos costos de los protocolos basados en estradiol, limitan su uso, especialmente en países en desarrollo como México. Recientemente, hemos mostrado que vacas tratadas con el protocolo co-synch a pesar de tener tasas de gestación por inseminación artificial bajas, tienen tasas de preñez del empadre, similares a protocolos basados en estradiol (Vázquez-López et al., 2024). En el protocolo co-synch se aplica GnRH en el día cero con el objetivo de inducir la ovulación del folículo dominante (FD) que esté en alguno de los ovarios y así la formación de un cuerpo lúteo (CL). Posteriormente el día 7 se aplica PGF2- α para lisar este u otro CL que este el ovario y así permitir que los animales entren en proestro para, finalmente entre las 48 y 56 horas posteriores a la aplicación de PGF2- α , realizar la IATF junto con la aplicación nuevamente de GnRH (Hernández-Coronado et al., 2023). Basados en esta información, si hacemos coincidir la aplicación de PGF2- α con la entrada de los toros y el inicio de empadre, es probable incrementar la proporción de animales gestantes al inicio de éste, así como la de todo el empadre debido a que incrementaríamos la proporción de animales con CL y la presencia de un FD al inicio del proestro.

Objetivo

Determinar la dinámica ovárica en vacas y novillas productoras de carne tratadas con GnRH y PGF2- α previo al inicio del empadre.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en tres ranchos particulares ubicados en la región de Ayotocoxo de Guerrero Puebla. Se utilizaron un total de 97 hembras bovinas (46 vacas y 51 novillas) con condición corporal (CC) entre 4 y 8 en una escala del 1 al 9. Al inicio del experimento los animales fueron divididos en dos grupos; el grupo control (n=48) no recibió ningún tratamiento hormonal, mientras que el grupo GnRH (n=49), recibieron en el día cero 100 µg de GnRH (SincroForte, Ourofino) y siete días después se les aplicó PGF2- α (25 mg vía intramuscular). En el día de la aplicación de PGF2- α , se introdujeron toros fértiles para un periodo de empadre de 90 días. Así mismo en el día cero y día siete en todos los animales, se realizó ultrasonografía ovárica para determinar la presencia de CL (días cero y siete), el diámetro del folículo más grande presente en el ovario (días siete) y el estatus de la ola de crecimiento folicular. El estatus de la ola de crecimiento folicular se asignó basado en la población de folículos presente en los ovarios; si en alguno de los ovarios había un folículo mayor a 6 mm de diámetro, el estatus de ola fue selección o dominancia (SD), mientras que, si no había folículos mayores a 6 mm en los ovarios, el estatus de la ola fue reclutamiento (R). Las diferencias en la proporción de animales con CL en el día cero y día siete, así como el estatus de la ola de crecimiento folicular entre los grupos experimentales se determinó

mediante una prueba de chi-cuadrada, en tanto que las diferencias entre grupos, en el diámetro del folículo dominante en el día siete se evaluó mediante una prueba de t de student.

Resultados y discusión.

La proporción de animales con CL en el día cero y en el día siete no fue diferente ($P>0.05$) entre las hembras del grupo control y las del grupo GnRH. Sin embargo, para el día siete, mientras que en el grupo control no se observó un cambio en la proporción de hembras con CL respecto al día cero, en el grupo GnRH la proporción de animales con CL se incrementó ($P<0.05$) del día cero al día siete (Cuadro 1). Con relación la presencia de un FD en el día siete, se observó que la proporción de hembras con FD cuando se aplicó las PGF2- α , tendió a ser mayor ($P<0.1$) en el grupo GnRH respecto al grupo control (Cuadro 1). Es bien sabido que la GnRH promueve la ovulación del folículo dominante que se encuentre en el ovario al momento de la aplicación de la hormona, seguido de la formación de un CL y el inicio de una nueva ola de crecimiento alrededor de dos días después (Hernández-Coronado et al., 2023), lo cual explica el incremento en la proporción de hembras con CL y con presencia de un FD para el día 7 en las hembras del grupo GnRH.

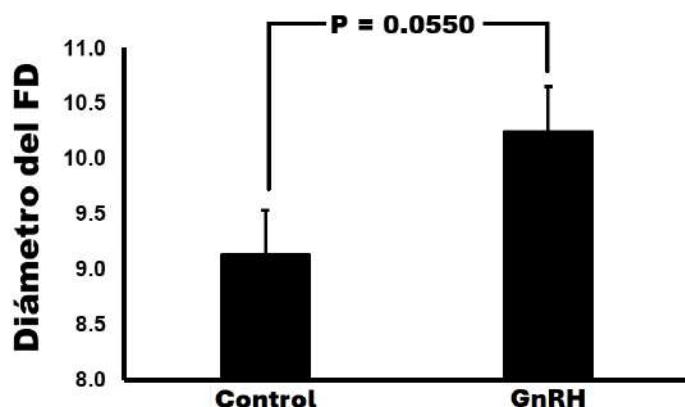
Cuadro 1. Dinámica ovárica en vacas y novillas productoras de carne tratadas o no con GnRH y PGF2- α previo al inicio del empadre.

	Control	GnRH	Valor de P
Animales con CL en el día 0 (%)	16/48 (33.33)a	15/ 48 (31.25)a	0.6686
Animales con CL en el día 7 (%)	17/48 (35.42)a	24/49 (48.98)b	0.1257
Animales con un FD en el día 7 (%)	30/48 (62.50)	38/49 (77.55)	0.0810

a, b literales diferentes indican diferencias significativas $P<0.05$ entre los datos presentados en cada columna para la comparación por día en que se determinó la presencia del CL.

El efecto del tratamiento sobre el diámetro del folículo dominante al momento de aplicar la PGF2- α se muestra en la figura 1. Las vacas y vaquillas del grupo GnRH, presentaron un diámetro del FD mayor ($P=0.0550$), en comparación a los animales del grupo control. Este resultado podría incrementaría las probabilidades de que las hembras del grupo GnRH entren en proestro/estro al aplicar PGF2- α (Hernández-Coronado et al., 2023). Por lo que, si estas hembras son expuestas a toros fértiles en este momento, se podría favorecer la tasa de preñez durante el inicio del empadre.

Figura 1. Diámetro del FD en vacas y novillas productoras de carne tratadas o no con GnRH y PGF2- α previo al inicio del empadre.



Conclusiones

Basado en nuestros resultados, utilizar GnRH en bovinos productores de carne previo al inicio del empadre, parece ser una opción para aumentar las tasas de preñez debido a que se incrementa la proporción de

animales con CL y la presencia de un FD de mayor tamaño al inducir e inicio del proestro con más PGF2-
α.

Referencias bibliográficas

1. Ferreira, R.M., Conti, T.L., Goncalves, R.L., Souto, L.A., Sales, J.N.S., Sa M.F., Elliff, F.M., and Baruselli, P.S., 2018. Synchronization treatments previous to natural breeding anticipate and improve the pregnancy rate of postpartum primiparous beef cows, *Theriogenology*, 114, 206-211. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.11.022>.
2. Hernández-Coronado, C.G., Rosales-Torres, A.M., Vazquez-Lopez, S. and Guzman-Sanchez, A. 2023. Sincronización del estro y ovulación en hembras bovinas de razas cárnicas. Bases endocrinas y protocolos usados, Abanico veterinario, 13, 1-37 <https://doi.org/10.21929/abavet2023.16>.
3. Lassala, A., Hernández-Cerón, J., Pedernera, M., et al. 2020. Cow-calf management practices in México. *Reproduction and breeding. Vet. Méx.*, 7(1): 1-15. doi:10.22201/fmvz.24486760e.2020.1.839.
4. Sá Filho, M. F., Penteado, L., Reis, E. L., R 361 eis, T. A., Galvão, K. N. and Baruselli, P. S., 2013. Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows, *Theriogenology*, 79(4): 625-632. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.11.016>.
5. Vázquez-López, S., Hernández-Coronado, C., Calderón-Robles, R., Rosales-Torres, A. M., Faustino-Carmona, R., Sánchez-Hernández, F., Jáimez- Vázquez, M. and Guzman, A., 2024. CO-Synch as an economical fixed-time artificial insemination protocol to improve pregnancy rate in cow-calf production systems, *Large Animal Review*, 30. 30: 85-92

EFEKTOS DE LA NUTRICIÓN POST DESTETE SOBRE LAS CONCENTRACIONES DE ZINC, FRUCTOSA Y α -GLUCOSIDASA NEUTRA EN PLASMA SEMINAL DE SEMENTALES PELIBUEY.

Anahy Danae Vargas-Velázquez^{2,3*}, Mario Alfredo Espinosa-Martínez¹, Ricardo Basurto-Gutiérrez¹, Héctor Raymundo Vera-Ávila⁴, César Augusto Rosales-Nieto⁵, Éricka Ramírez-Rodríguez¹, Eugenio Villagómez Amezcua-Manjarrez⁶ y Héctor Jiménez-Severiano^{1,3}

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP.

²Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP.

³Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, FES Cuautitlán, UNAM.

⁴Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

⁵Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

⁶Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP.

*Autor para correspondencia: vargas.anahy@inifap.gob.mx

Palabras clave: Zinc, fructosa, α -Glucosidasa neutra, plasma seminal, sementales ovinos.

Introducción

El plasma seminal es una mezcla de fluidos producidos en la red testicular, el epidídimo y las glándulas sexuales accesorias. Está compuesto por azúcares, antioxidantes, minerales, sales y una gran cantidad de proteínas diversas con funciones conocidas y/o desconocidas. Durante muchos años, el plasma seminal se ha considerado solo como un medio de transporte, pero ahora está bien documentado que también tiene efectos duraderos sobre el movimiento de los espermatozoides y la regulación de capacitación, almacenamiento de espermatozoides en el tracto reproductivo femenino y la preservación de espermatozoides. El plasma seminal resulta de varios órganos genitales masculinos, incluidos el epidídimo, la próstata, las vesículas seminales y las glándulas bulbouretrales, así como algunas micro glándulas en la pared uretral. El plasma seminal contiene fuentes de energía como la fructosa, la cuál es importante para el metabolismo de los espermatozoides, ya que se utiliza para producir trifosfato de adenosina (ATP). El zinc actúa en la motilidad a través de la utilización de energía, sistemas de ATP y mediante la regulación de las reservas de energía de fosfolípidos. La enzima α -glucosidasa se considera un marcador útil de la función epididimal y su actividad se correlaciona negativamente con la motilidad de los espermatozoides. Se ha determinado que la composición del plasma seminal puede ser influenciado por la nutrición (Salvaraju et al., 2012), de esta forma, el objetivo del presente estudio fue determinar los niveles de zinc, fructosa y α -glucosidasa neutra en plasma seminal de sementales que recibieron diferentes niveles de alimentación post destete durante su desarrollo.

Materiales y métodos

Condiciones generales. El estudio se desarrolló en el CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, ubicado en el Estado de Querétaro (20° 43' Norte, 100° 15' Oeste, 1850 msnm). Se utilizaron 28 sementales, provenientes de dos lotes (de origen Jalisco y de origen Querétaro), de la raza Pelibuey, de 22 meses de edad y un peso vivo de 78 ± 1.7 kg. Brevemente en el manejo inicial (Vargas et al., 2021), los animales fueron destetados a los 60 días de edad y, a partir de entonces y hasta las 40 semanas, se les ofreció diferentes niveles de alimentación, con la finalidad de generar tres grupos con distintas ganancias diarias de peso (Alta: 240 g/d, Media: 209 g/d y Baja: 144 g/d). Los grupos experimentales fueron nombrados Alta (n= 9), Media (n= 9) y Baja (n= 10). Después de la semana 40, todos los animales recibieron la dieta Media, hasta lograr que todos los animales tuvieran pesos y desarrollo corporal similares a los 18 meses de edad. Posteriormente y hasta los 30 meses, todos los animales recibieron la misma dieta (11.1% de PC y 2.54 Mcal EM/kg MS). **Obtención y manejo de muestras.** A finales del mes de julio, cuando los animales tenían 22 meses de edad, y después de dos días continuos de tomas de muestras de semen por medio de vagina artificial, al tercer día se tomó otra muestra de semen que fue centrifugada a 1,000g por 10 minutos a una temperatura de 5°C. Se decantó y se almacenó el plasma seminal libre de espermatozoides a -20°C hasta su análisis. **Evaluación de Zinc, Fructosa y α -glucosidasa en plasma seminal.** La medición de Zinc se puede realizar gracias a la formación de un complejo, al unirse zinc con el compuesto 2-(5-bromo-2-pyridylazo)-5-(N-propyl-N-sulfopropylamino)-fenol-(5-Br-PAPS), dicho complejo absorbe luz a una longitud de onda de 560 nm; para esta determinación se utilizó un kit comercial de Zinc (MAK032, Sigma-Aldrich). Por su parte, la Fructosa puede ser medida al someterse a calor y un pH bajo con el fin de permitir la

formación de un complejo con el indol que absorbe una longitud de onda de 470 nm. El plasma seminal contiene una isoenzima glucosidasa neutra, que se origina en el epidídimos, y una isoenzima ácida aportada por la próstata, ésta puede ser inhibida selectivamente por dodecilsulfato de sodio (SDS) para permitir la medición de la α -glucosidasa neutra, que refleja la función del epidídimos. Los métodos empleados para realizar la medición de estos marcadores en el plasma seminal se realizaron de acuerdo con lo documentado por la World Health Organization (Lu et al., 2010). Además de determinar las concentraciones en plasma seminal sin diluir, también se determinó la concentración en el volumen total de semen, esto al multiplicar los niveles en plasma seminal por el volumen (ml) de semen recolectado. **Análisis estadístico.** Las variables se analizaron como un diseño de bloques al azar, utilizando el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute Inc., Cary NC, USA). Se consideraron diferencias significativas con valores de $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Concentración de Zinc, Fructosa y α -glucosidasa neutra en plasma seminal. El origen de los animales fue significativo en la variable zinc y fructosa en plasma seminal ($P=0.008$ y 0.009 , respectivamente), siendo que en ambas variables el lote de origen Jalisco presentaron una mayor concentración. No hubo diferencias significativas entre grupos en la concentración de los tres componentes evaluados en plasma seminal (Cuadro 1).

Concentración de Zinc, Fructosa y α -glucosidasa neutra en el volumen total de semen. El lote no fue significativo y tampoco existieron diferencias entre grupos en la concentración de los tres componentes evaluados en el volumen total de semen (Cuadro 1).

Cuadro 1. Concentraciones de Zinc, Fructosa y α -glucosidasa en plasma seminal y semen de sementales Pelibuey a los 22 meses (Alta, Media y Baja; medias \pm EE).

Concentración en plasma seminal				
	Alta (n=9)	Media (n=9)	Baja (n=10)	P
Zinc (ng/μl)	4.9 \pm 0.2	5.4 \pm 0.2	4.8 \pm 0.2	0.12
Fructosa (μmol/ml)	23.9 \pm 3.4	29.5 \pm 3.4	20.2 \pm 3.8	0.26
α-glucosidasa neutra (μmol/ml)	90.3 \pm 11.8	79.6 \pm 30.1	72.2 \pm 30.8	0.34
Concentración en la cantidad total de semen				
	4020 \pm 543	3656 \pm 543	3303 \pm 518	0.64
Zinc (ng)	4020 \pm 543	3656 \pm 543	3303 \pm 518	0.64
Fructosa (μmol)	18.6 \pm 3.4	19.7 \pm 3.4	14.1 \pm 3.3	0.46
α-glucosidasa neutra (μmol)	71.2 \pm 11.8	61 \pm 50.1	50.6 \pm 33.1	0.46

La raza de los ovinos son un elemento clave que afecta la composición del plasma seminal, y se ha demostrado que existe un efecto individual en la composición del plasma seminal, ya que dentro de la misma raza y en el mismo grupo de edad, la composición cambia de un macho a otro (Kaya et al., 2002), por ello es por lo que creemos que existió un efecto del origen de los animales sobre la concentración de zinc y fructosa en plasma seminal, además recientemente Almadaly et al., (2021) obtuvieron niveles más altos de fructosa en ovinos fértiles que en subfértiles, por lo que vemos la necesidad de seguir investigando las implicaciones de estas diferencias de los lugares de origen de los animales, en la fertilidad de los animales y/o capacidad de congelación de los espermatozoides.

Previamente Salvaraju et al. (2012), determinó que la composición del plasma seminal está influenciado por una variedad de factores, entre ellos la nutrición, sin embargo, en el presente, los niveles de zinc, fructosa y α -glucosidasa evaluados en plasma seminal no fueron diferentes entre los grupos, lo que indica que la alimentación que recibieron los animales durante su crecimiento no provocó un efecto a largo plazo en la concentración de estos elementos en el plasma seminal. Previamente, se ha reportado que la concentración de fructosa en el plasma seminal de ovino es de 9.98 μ mol/ml, y oscila entre 8.3 y 33.3 μ mol/ml (Juyena y Stellella, 2012); la fructosa es sintetizada a partir de la glucosa en sangre por las glándulas sexuales accesorias en especial por la vesícula seminal estimulada por la testosterona, es por

ello que los niveles de fructosa en plasma seminal se han utilizado a menudo como indicador del estado androgénico de un animal porque su secreción está estrechamente gobernada por el nivel de andrógenos en la sangre, si bien no determinamos los niveles de testosterona en este periodo, si evaluamos su conducta sexual; encontrando diferencias entre grupos en el número de intentos de monta exitosa con eyaculación, en donde el grupo Baja tuvo un menor número, además el grupo Alta necesito de un menor número de interacciones de cópula para conseguir un eyaculado, en comparación con el grupo Baja, que necesito de más interacciones, por lo que el grupo Alta fue más eficaz que el grupo Baja (Vargas et al., 2022), estos resultados y junto a los niveles de fructosa reportados en el grupo Alta, podemos decir que los animales de este grupo presentaban un estado androgénico mejor que el grupo Baja.

En cuanto a Zinc, se ha visto que favorece la motilidad espermática a través de la utilización de energía, sistemas de ATP y la regulación de las reservas de energía de fosfolípidos, sin embargo, la actividad de la enzima α -glucosidasa se correlaciona negativamente con la motilidad de los espermatozoides; en el presente análisis, no se encontraron diferencias significativas en los valores de zinc y α -glucosidasa, sin embargo, previamente se reportó que el grupo Alta presentó el menor porcentaje de motilidad progresiva de los espermatozoides a comparación de los otros dos grupos (Vargas et al., 2021), por lo que probablemente existen más factores que pueden modificar la motilidad espermática y que sería interesante investigar.

Con lo anterior, podemos concluir que el nivel de alimentación post-destete que los animales recibieron durante su desarrollo, no modifica la concentración de Zinc, Fructosa y α -Glucosidasa neutra en plasma seminal y volumen total de semen, a largo plazo, es decir a los 22 meses de edad. Sin embargo, los niveles de Fructosa en plasma seminal reportados en el presente, puede dar una explicación de la conducta sexual que los animales presentaron en el mismo periodo analizado.

Conclusiones

Las concentraciones de Zinc, Fructosa y α -Glucosidasa encontradas en el plasma seminal y volumen total de semen evaluado a los 22 meses edad, no se modifican por el nivel de alimentación post-destete que los animales recibieron durante su desarrollo.

Implicaciones

Los niveles evaluados de Fructosa en plasma seminal, pueden brindar una explicación de las diferencias presentadas en la conducta sexual de los animales.

Agradecimientos y/o Fuente financiadora

A la MVZ. Miriam Sánchez Pérez y al MVZ. Daniel Mijail Porta Vega, por colaborar con el manejo animal, toma y procesamiento de las muestras. Al INIFAP por el financiamiento recibido (SIGI # 1581734139). Al CONACYT por la beca otorgada para los estudios de Doctorado de la MC. Anahy Danae Vargas Velázquez.

Referencias bibliográficas

1. Almadaly, E.A., Ashour, M.A., Elfeky, M.S., Gewaily, M.S., Assar, D.H., Gamal, I.M., 2021. Small Rumin. Res. 196, 106318.
2. Juyena, N.S. y Stellella, C. 2012. J. Androl. 33, 536–551.
3. Kaya, A., Aksoy, M., Tekeli, T., 2002. Small Rumin. Res. 44, 153–158.
4. Lu, J. C., Huang, Y. F., y Lü, N. Q. 2010. National journal of andrology. 16(10), 867-871.
5. Selvaraju, S., Sivasubramani, T., Raghavendra, B.S., Raju, P., Rao, et al. 2012. Theriogenology 78, 646–655.
6. Vargas VAD, Espinosa MMA, Basurto GR y Jiménez SH. 2021. XXI Congreso Internacional Virtual de Ovinocultura. 106-111.
7. Vargas VAD, Espinosa MMA, Basurto GR, Vera AHR, Rosales NCA, Villagómez AME, Jiménez SH. 2022. Memoria de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Año 2. No. 1. 136-139.

INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ASHWAGANDHA (*WITHANIA SOMNIFERA L.*) EN EL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE CARNEROS BLACK BELLY EN EL NORTE DE MÉXICO.

Ma. de los Ángeles De Santiago-Miramontes^{1*}, Andrés Junior Rodríguez-Sánchez¹, Oscar Ángel-García¹, Francisco Gerardo Véliz-Deras¹, Alan Sebastián Alvarado-Espino¹, Cesar Alberto Meza-Herrera²

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez S/N, Torreón 27054, Coahuila, México. ²Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo 35230, Durango, México.

*Autor para correspondencia: angelesdesantiago867@gmail.com

Palabras clave: Nutracéuticos, semen, ovinos.

Introducción

En los últimos años los ovinos de pelo han venido tomado gran importancia en México debido a su adaptación a los diferentes climas, datos del SIAP 2021 mencionan que se cuenta con una población de aproximadamente 8.7 millones de cabezas tanto en climas cálidos como en templados y secos de muchas regiones del país, en donde los productores aprecian las características reproductivas que permiten mejorar los índices productivos de esta raza conduciendolos a seleccionar los genotipos de mayor calidad y productividad (González-Garduño *et al.*, 2010).

En los últimos años ha tomado una gran importancia el uso de productos naturales. Existen reportes acerca de que *Withania somnifera* tiene varios efectos beneficiosos sobre la fertilidad masculina, ejerciendo efectos a nivel del hipotálamo (Nargund, 2015). Por lo anterior, este producto es asociado con la normalización de los niveles en las hormonas sexuales, además de atribuirsele las cualidades adaptogénicas (Mahdi *et al.*, 2009). Por lo anterior, se sabe que es capaz de superar varias causas posibles de infertilidad en el género masculino, al abordar múltiples problemas simultáneamente. Otro papel importante es la prevención en la disminución de los niveles de testosterona aspecto importante, en la conducta y en la expresión de los caracteres sexuales masculinos.

Objetivos

Determinar si la administración de ashwagandha (*Withania somnifera*) aumenta el comportamiento sexual en carneros Black Belly

Materiales y métodos

El presente experimento se llevó a cabo en el norte de México (26° norte) durante el fotoperíodo de días largos (junio y julio). Los carneros Black Belly fueron divididos aleatoriamente en dos grupos homogéneos en cuanto a concentración y viabilidad espermática. Al GC (Grupo Control: n=6) se le administró un placebo para igualar condiciones de manejo y al GT (Grupo Tratado n=7) se le suministró vía oral extracto de raíz de ashwagandha a razón de 100 mg/kg/día de manera individual durante 28 días. El día 30 del estudio cada carnero se expuso a una oveja estrogenizada durante un tiempo de 15 minutos, y se registraron los comportamientos e indicadores sexuales apetitivos (ISA), consumatorios (ISC) de reposo sexual (ISR). Los datos de comportamiento sexual apetitivo, comportamiento sexual consumatorio e indicadores de descanso sexual, se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA). Para analizar el efecto significativo del tratamiento y la media entre los grupos se comparará utilizando la prueba de t-student ($P < 0.05$).

Resultados y discusión

No se observó diferencia ($P > 0.05$) entre ambos grupos de las variables de comportamiento e indicadores sexuales. ISA: Aproximaciones (n) GC (4.42 ± 2.41) vs GT (7.07 ± 2.23) y Pataleo (n) GC (2.66 ± 1.53) vs GT (5.43 ± 1.41), CSC: Monta con desenvaine (n) GC (1.08 ± 1.42) vs GT (3.21 ± 1.32) e intento de monta (n) GC (0.83 ± 1.33) vs GT (2.64 ± 1.23) e IRS: Aislamiento de pie GC (0.33 ± 0.47) vs GT (0.79 ± 0.44)

Conclusiones

Los resultados nos permiten concluir que bajo las condiciones de este estudio la administración de *W. somnífera* en carneros de la raza Black Belly no mejoró los comportamientos e indicadores sexuales apetitivos (ISA), consumatorios (iSC) de reposo sexual (ISR). Sería interesante prolongar el tiempo e incrementar la dosis en posteriores tratamientos.

Fuente financiadora: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Beca del CONAHCYT: estudiante de doctorado, Andrés Junior Rodríguez Sánchez.

Referencias bibliográficas.

1. Nargund, V.H., 2015. Effects of psychological stress on male fertility. *Nat. Rev. Urol.* 12, 373–382.
2. Mahdi, A.A., Shukla, K.K., Ahmad, M.K., Rajender, S., Shankhwar, S.N., Singh, V., Dalela, D., 2009. *Withania somnifera* improves semen quality in stress-related male fertility. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 576962, 1–9.
3. González-Garduño, Roberto, Torres-Hernández, Glafiro, & Arece-García, Javier. (2010). Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. *Zootecnia Tropical*, 28(1), 51-56.

EFFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE *WITHANIA SOMNIFERA* (L) SOBRE LA CALIDAD SEMINAL EN CARNEROS BLACK BELLY.

Andrés Junior Rodríguez-Sánchez¹, Oscar Ángel-García¹, Francisco Gerardo Véliz-Derás¹, Alan Sebastián Alvarado-Espino¹, Cesar Alberto Meza-Herrera², Ma. de los Ángeles De Santiago-Miramontes^{1*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez S/N, Torreón 27054, Coahuila, México. ²Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo 35230, Durango, México.

*Autor para correspondencia: angelesdesantiago867@gmail.com

Palabras clave: Nutracéuticos, semen, ovinos.

Introducción

Las tendencias actuales, debido a la creciente popularidad han ocasionado que muchas investigaciones se centren en diversos usos medicinales de las plantas, incluido el apoyo para mejorar el desempeño sexual y reproductivo en humanos y de los machos de diversas especies animales de producción. Han sido reportados productos a base de plantas y alimentos que tienen un efecto beneficioso sobre la salud reproductiva de los machos. La infertilidad puede ser causada por desequilibrios hormonales, nutricionales, e infecciosos entre otras disfunciones, por lo que están surgiendo múltiples estrategias para corregirla (Sengupta *et al.*, 2018). Existen tratamientos de reproducción asistida, sin embargo, los nutracéuticos están ganando ventaja como una modalidad terapéutica alternativa o suplementaria para esta condición.

En humanos, se han reportado efectos beneficiosos inducidos por la ingesta oral de las raíces de un pequeño arbusto de hoja perenne llamado *Withania somnifera* (Ashwagandha). Algunos estudios realizados indican que esta raíz posee efectos anti-inflamatorios, anti-tumorales, anti-estress, antioxidantes, inmunomoduladores y hematopoyeticos, además de ejercer aparentemente influencia en el sistema endocrino, cardiopulmonar y el sistema nervioso central (Mishra *et al.*, 2000). Sobre la calidad del semen de machos infértil es se ha encontrado que la ingesta oral de raíces de Ashwagandha inhibe la peroxidación lipídica, mejora el conteo de espermatozoides y su motilidad, y regula los niveles de hormonas reproductivas. Varios estudios han destacado que esta planta tiene una variedad de propiedades que pueden proporcionar beneficios para la salud (Kumar *et al.*, 2021). Sin embargo, no existen reportes?? en machos ovinos.

Objetivos

Evaluar el efecto de la administración oral de *W. somnifera* sobre calidad seminal en carneros Black Belly.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el norte de México, (26° de Latitud Norte y 104° de Longitud Oeste) durante los meses de junio y julio, se utilizaron 13 carneros adultos (peso promedio: 49.8 ± 2.56 kg y CC 3 ± 0.03 : rango 1-4), los cuales fueron divididos en 2 grupos homogéneos en cuanto a concentración y viabilidad espermática; $3,677$ ($X10^6$) y 36% respectivamente. Al T1 se le administró un placebo para igualar condiciones de manejo Ws0 ($n=6$); T2 se les suministró extracto de raíz de *W. somnifera* a razón de 100 mg/kg: Ws100 ($n=7$) durante 28 días vía oral. Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros seminales fueron comparadas usando una prueba t de student.

Resultados y discusión

No se observó diferencia ($P>0.05$) entre ambos grupos en ninguna de las variables registradas: Latencia a la monta (segundos) T1; 186 ± 52 vs T2; 62 ± 43 , volumen seminal (mL) T1; 0.27 ± 0.13 vs T2; 0.87 ± 0.25 , concentración espermática ($X10^6$): T 1; $1,910 \pm 866$ vs T2; $3,355 \pm 638$. Estos resultados demuestran que no es posible mejorar la calidad seminal con extracto de raíz de *W. somnifera* con una concentración de 100 mg/kg de PV.

Conclusiones

Los resultados nos permiten concluir que bajo las condiciones de este estudio la administración de *W. somnífera* en carneros de la raza Black Belly no mejora la latencia, volumen ni concentración espermática. Sería interesante prolongar el tiempo e incrementar la dosis en posteriores tratamientos.

Referencias bibliográficas.

1. Kumar, N., Shala, A. Y., & Khurana, S. M. (2021). Antiviral and immuno-boosting potential of ashwagandha (*Withania somnifera* L.). *Medicinal Plants-International Journal of Phytomedicines and Related Industries*, 13(2), 237-244. DOI: 10.5958/0975-6892.2021.00026.5
2. Mishra, L. C., Singh, B. B., & Dagenais, S. (2000). Scientific basis for the therapeutic use of *Withania somnifera* (ashwagandha): a review. *Alternative medicine review*, 5(4), 334-346.
3. Sengupta, P., Agarwal, A., Pogrebetskaya, M., Roychoudhury, S., Durairajanayagam, D., & Henkel, R. (2018). Role of *Withania somnifera* (Ashwagandha) in the management of male infertility. *Reproductive biomedicine online*, 36(3), 311-326. DOI: org/10.1016/j.rbmo.2017.11.007

TAMAÑO TESTICULAR Y CONCENTRACIÓN ESPERMÁTICA DE CARNEROS DORPER DURANTE EL VERANO E INVIERNO.

Guadalupe Calderón-Leyva^{2,3*}, Sebastian Haro-Lavin³, Abril L. Barajas-Muñoz³, Oscar Ángel-García^{1,3}, Leticia R. Gaytan-Alemán^{2,3}, Viridiana Contreras-Villarreal^{1,3}, Cesar A. Meza-Herrera⁵.

¹Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, UAAAN-UL; ²Departamento de Producción Animal, UAAAN-UL; ³Postgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, UAAAN-UL; ⁴Departamento de Salubridad e Higiene, UAAAN-UL; ⁵Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACh.

*Autor para correspondencia: gcalderon06@hotmail.com

Palabras clave: Diluyente vegetal, cinética seminal, preservación.

Introducción

En los esquemas de producción especializada de ovinos, los factores reproductivos son uno de los de mayor interés (Córdova et al., 2014). Fluctuaciones del largo del día a través de las diferentes épocas del año (fotoperiodo) impactan en la reproducción en pequeños rumiantes, en machos, se puede reflejar a través de la disminución la calidad seminal y estimulación testicular, con cambios en la espermatogénesis y la propia eyaculación (Córdova Izquierdo et al., 2014).

En el ovino, al ser una especie que su reproducción se da por la estación, a través del fotoperiodo (va de los días cortos a noches más largas considerándose la duración de los días), existen factores que puedan alterar su periodo de reproducción en particular, la nutrición y raza, además, los climas también son clave a considerar en las zonas en donde su clima es templado pueden llegar a presentar su ciclo en primavera-verano, o bien en climas tropicales, en donde la cantidad de luz no se ve afectada y partes del mundo que su reproducción es todo el año (Kumar et al., 2017).

Objetivo

Evaluar si existe diferencia del tamaño testicular y la concentración espermática de los carneros Dorper en las estaciones de verano e invierno.

Materiales y métodos

Lugar de estudio y condiciones climáticas

El estudio se realizó con los pares de testículos de ovinos criados y posteriormente sacrificados en la propia planta de la una unidad de producción intensiva, ubicada en el ejido Granada municipio de Matamoros, Coahuila ($25^{\circ}38'26''N$ $103^{\circ}15'48''O$). El clima de la región es semidesértico, El lugar tiene una altitud de 1,139 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm. La humedad relativa oscila entre 26 y 61 %; los rangos de fotoperiodo de 13 h 41 min. durante el solsticio de verano (junio) a 10 h 19 min. durante el solsticio de invierno (diciembre); una temperatura que oscila entre 6 °C en invierno y 37 °C en verano (CONAGUA, 2015).

Se manipularon 171 pares de testículos postmorten de carneros de la raza Dorper de entre 7 a 8 meses de edad, saludables ante un examen físico y considerados apto para su reproducción (Pabón Quevedo y Pulido Medellín, 2021). Los testículos en su bolsa escrotal se estuvieron recogiendo durante verano e invierno, inmediatamente después del sacrificio, se identificaron los pares de testículos con el número del carnero, peso y edad; se colocaron en bolsas de plástico, teniendo ya preparado una hielera atemperada a 37°C aproximadamente para su traslado al Centro de investigación en Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, para realizar registrar las medidas testiculares y el análisis de la concentración espermática del epidídimo.

Parametros testiculares, recolección y análisis del semen

Después de realizar una revisión exhaustiva, los testículos sin anomalías se colocaron en una báscula digital para registrar su peso (g). Mientras que la circunferencia escrotal (CE; cm) se determinó de la parte más ancha de cada testículo con ayuda de un escrotímetro. Posteriormente se realizó una disección frontal de la cabeza del epidídimo con el apoyo de un bisturí, durante la preparación del corte se colocaron unas pinzas hemostáticas Kelly curva para que se hiciera presión en la cabeza del epidídimo y poder tomar una mayor cantidad de muestra, con el mango del bisturí se separaron los vasos que irrigan la cabeza del

epidídimos y se utilizaron toallas secantes para obtener la muestra del semen más limpia sin que se contaminara con sangre; el semen recuperado fue colocado en un tubo eppendorf graduado a 1.5 mL. Enseguida de la técnica de disección y extracción del semen se determinó el volumen seminal (mL), y microscópica centración espermática utilizando el fotómetro (Spermacue, 12300/0500 Minitab, Landshut, Germany), en el cual se coloca una gota (10 µl) de semen con una micropipeta.

Resultados y discusión

La circunferencia escrotal fue similar (30.47 ± 0.25 cm vs 29.78 ± 0.40 cm) en el verano e invierno, respectivamente, ($P=0.123$). El peso testicular fue mayor durante la época de verano en comparación con la de invierno (594.91 ± 13.47 g vs 525.68 ± 20.05 g), respectivamente ($P=0.0037$). En lo que se refiere a la circunferencia escrotal, es probable que esté ligada a la temporada no reproductiva, ya que esta tiene un efecto sobre las características de producción de espermatozoides. Aibazov *et al.* (2022), evaluaron que la actividad espermática es meramente diferencia estadística ($P<0.001$) en cuanto sus medidas métricas testiculares, en el caso de la estación reproductiva y no reproductiva la concentración espermática difiere ligeramente.

Mientras que la concentración espermática en la estación de invierno fue de $4684.9 \times 10^6 \pm 113.9$, en comparación con la de verano que fue de $4604.5 \times 10^6 \pm 107.6$, no mostrando diferencia estadística ($P=0.621$). Los resultados encontrados en nuestro estudio en cuanto la concentración espermática, es probable que se deban a que estos machos se encontraban fuera de su época reproductiva (verano en invierno) en efecto, en un estudio realizado por Mamontova *et al.* (2021), mencionan que, durante la temporada no reproductiva, disminuye significativamente la actividad sexual y producción de espermatozoides, teniendo una repercusión evidente en el carnero. Por otra parte, Benia (2018), mencionan que el valor de la concentración son más bajos en las estaciones invierno y verano donde es más baja la actividad reproductiva comparada con el otoño y primavera.

Conclusiones

Las estaciones verano e invierno no influyen sobre la circunferencia testicular y concentración espermática, sin embargo el peso testicular fue mayor durante la estación de verano.

Referencias bibliográficas

1. Aibazov, M., Trukhachev, V., Selionova, M., & Malorodov, V. (2022). Seasonal changes in testis size, testosterone levels and sperm production quality in meat rams. *Reproduction in Domestic Animals*, 57(10), 1125–1135. <https://doi.org/10.1111/rda.14183>
2. Benia, A. R., Sidi, S., & Ammar, M. (2018). Effect of season and age on main characteristics of sperm production in the Ouled-Djellal rams. <http://www.lrrd.org/lrrd30/1/arbv30010.html>.
3. CONAGUA. 2015. Normales climatológicas por estación. Ciudad de México: Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>
4. Córdoba, A., Villa, A., Olivares, J., & Sánchez, P. (2014). Environmental Stress Effect on Animal Reproduction. *Open Journal of Animal Sciences*, 04(02), 79–84. <https://doi.org/10.4236/ojas.2014.42011>
5. Mamontova, T. V., Selionova, M. I., & Aibazov, A. M. M. (2021). Sexual Activity and Sperm Production of Charolais and Ile-De-France Rams in Different Seasons of the Year. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, 56(4), 752–762. <https://doi.org/10.15389/AGROBIOLOGY.2021.4.752ENG>

INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN DE CITRULINA (30 d) SOBRE CONSTANTES FISIOLÓGICAS, DIÁMETRO TESTICULAR Y CARACTERÍSTICAS DEL EYACULADO EN CARNEROS PELIBUEY JÓVENES.

Daniela B. López-Requejo¹, Adriana S. Lucero-Loya¹, Alejandra Y. Montana-Salmerón¹, Yahir Palma-Rosas¹, Luis R. García-Flores¹, Edith Sáenz-Flores¹, David Cervantes-García², Juan Gonzalez-Maldonado², Lorenzo Buenabad-Carrasco^{1*}

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, 31453, México

²Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali 21100, México

*Autor para correspondencia: buenabad.lorenzo@gmail.com

Palabras clave: Ovino; aminoácidos; calidad del eyaculado.

Introducción.

Arginina (Arg) es un aminoácido esencial condicional en los mamíferos, este sentido los requerimientos de Arg son mayores en etapas críticas de la vida, al nacimiento en lechones, o previo a la etapa reproductiva en los machos debido a su influencia en el proceso de espermatogénesis. En animales no rumiantes Arg se suplementa como L-arginina, sin embargo, para su uso en rumiantes esta debe de proveerse protegida contra la digestión ruminal lo cual representa un problema (Gilbreath *et al.*, 2020). Sin embargo, recientemente se documentó que citrulina, aminoácido no estructural y precursor de Arg, no es ampliamente utilizada por los microorganismos del rumen (Zhao *et al.*, 2022). En este sentido, la suplementación de citrulina podría sufragar las necesidades de suplementación de Arg en rumiantes. La citrulina es metalizada a través del ciclo de la urea y se inter-convierte en arginina, la cual influencia sobre la producción de óxido nítrico y espermina, ambos cruciales en la salud reproductiva del macho y la espermatogénesis (Kiani *et al.*, 2022). Con base en datos de la literatura, se especula que la suplementación con citrulina en >10 g/animal/día podría mejorar el rendimiento físico y las características del eyaculado de carneros jóvenes. Por tanto, el objetivo fue evaluar la influencia de la suplementación de citrulina sobre las constantes fisiológicas, desarrollo testicular y la calidad del eyaculado en carneros jóvenes.

Objetivo

Evaluar la influencia de la suplementación de citrulina sobre el rendimiento físico y la calidad del eyaculado en carneros pelibuey jóvenes.

Materiales y métodos

Se utilizaron nueve carneros jóvenes (Pelibuey; 60.7 ± 6.8 kg; 9.1 meses de edad) en una prueba de 30 días para evaluar la influencia de la suplementación de malato de citrulina (65% citrulina) sobre el rendimiento físico, características de los testículos y del eyaculado. Los animales fueron obtenidos del laboratorio de Sistemas de Producción de Ovinos y Caprinos de la Facultad de Zootecnia y Ecología (FZyE) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Los carneros fueron criados bajo el manejo estándar para ovinos de la FZyE-UACH que incluyó identificación, registró de peso, desinfectó de ombligo y suplementación de hierro y selenio al nacimiento. Los corderos fueron suplementados con alimento concentrado para cordero lactante dentro de los primeros 21 días de edad. Al destete, los corderos fueron vacunados (Bobact 8 vías, MSD Salud animal) y desparasitados (Closantil 5%, Chinoín Veterinaria). Los carneros fueron manejados siguiendo las especificaciones para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999,2001). Los animales fueron alojados en grupo en corral con techo (5.5 m²/animal) y comedero longitudinal (1.04 m/animal). El periodo de socialización y acostumbramiento de los animales al manejo y a las instalaciones fue de 14 d. Los tratamientos consistieron en un grupo testigo (n=4) los cuales fueron alimentados con una dieta para reproductores (0.80 y 1.00 kg de alimento concentrado y forraje, respectivamente) y grupo citrulina (n=5) alimentados como en el grupo testigo, pero con la suplementación de 10 gr de citrulina (15 g de malato de citrulina; 65% citrulina) durante 30 días. El rendimiento físico se evaluó a través de las constantes fisiológicas temperatura rectal (termómetro digital Neutek MT-201, Neutek Co), temperatura testicular (termómetro infrarrojo corporal Hi8us HG01, Hunan Honggao Electric Technology), frecuencia respiratoria (cronómetro digital Taylor 5828, Taylor Precision Products), y frecuencia cardiaca (estetoscopio veterinario, Medstar Health). La recolección

del semen se llevó a cabo por electro-eyaculación (Bailey eyaculator, Western Instruments Co). La evaluación del semen se llevó a cabo al día 30 de la prueba previa medición de las constantes fisiológicas y el diámetro (cinta métrica) y longitud testicular (calibrador de espesor). El eyaculado fue evaluado de forma visual y con el apoyo del microscopio (CX35, OLYMPUS). La consistencia del semen se consideró como 0-transparente, 1-lechoso diluido, 3-ligeramente cremoso, 4-cremoso y 5-denso cremoso. La motilidad masal (10X): basado en movimiento ondulatorio (0-5) de semen sin diluir; motilidad progresiva (40X): semen diluido (0.9% cloruro de sodio) utilizando cubreobjetos (0 a 100%). Concentración (40X): cámara de Nubauer (dilución 1:200) y morfología, vivos, muertos (40X): Eosina-nigrosina. La temperatura ambiente se midió de manera continua durante toda la prueba a intervalos de 10 min con el uso de un termómetro automático (Data Logger Kestrel DROP D2).

Análisis estadístico. Los datos obtenidos fueron evaluados para homogeneidad de varianza y comparados a través de la prueba de t-student tomando en cuenta varianza iguales o diferentes dependiendo de cada caso.

Resultados y discusión

La temperatura media, mínima y máxima durante la semana de evaluación de las constantes fisiológicas y el eyaculado (d 30; final del invierno en el hemisferio norte) fue de 16.19, 9.63, y 22.97°C, respectivamente; que correspondió a un ITH medio, mínimo y máximo fue de 59.69, 52.67 y 59.68, respectivamente, por lo que los carneros estaban en una condición de confort ambiental ($ITH < 78.28$). La suplementación de malato de citrulina a un nivel de 0.83% de la dieta (base tal como se ofrece) no generó rechazo de alimento después de un periodo de adaptación de 14 días. El efecto de tratamientos sobre las constantes fisiológicas se muestra en el cuadro 1. La suplementación de citrulina por un período de 30 d no afectó ($P > 0.10$) las constantes fisiológicas en carneros jóvenes, excepto por el incremento en la frecuencia respiratoria ($P < 0.05$). Contrario a la suplementación de arginina sin protección contra la fermentación en rumen, la citrulina sin protección ruminal es pobremente utilizada por los microorganismos del rumen (Gilbreath et al., 2020; Zhao et al., 2022). En este sentido, la suplementación oral de citrulina escapa a la fermentación ruminal y al alcanzar el lumen intestinal contribuye a la formación de Arginina a través de la acción de la enzima arginina succinato sintasa, que a su vez contribuye a la producción de óxido nítrico por medio de la acción de la enzima óxido nítrico sintasa. De esta manera la arginina suplementada incrementa la respuesta respiratoria y mejora el rendimiento físico mientras que la suplementación de malato de citrulina incrementa la capacidad de trabajo (Kiani et al., 2022).

Cuadro 1. Influencia de tratamientos sobre constantes fisiológicas en carneros pelibuey jóvenes

Concepto	Testigo	Citrulina	Valor de P
Peso vivo, kg	63.75±7.50	58.2±5.80	0.249
Temperatura rectal, °C	34.37±1.90	35.04±2.10	0.298
Temperatura escrotal, °C	34.90±1.50	34.46±1.20	0.742
Frecuencia respiratoria	42.90±10.70	59.38±9.60	0.045
Frecuencia cardiaca	108.65±10.80	113.70±8.70	0.477

¹Exhalaciones por minuto; ²latidos por minuto

El efecto de tratamientos sobre el diámetro testicular y las características del eyaculado se muestra en el cuadro 2. La suplementación de citrulina por un período corto de tiempo (30 d) no afectó ($P > 0.10$) el diámetro testicular el cual promedio 27.3 cm a 11.20 meses de edad, el cual sobrepasa el mínimo de 26 cm para animales jóvenes pero mayores a 5.5 meses, el diámetro mínimo considerado como adecuado para carnero jóvenes. La suplementación de citrulina por un período corto de tiempo (30 d) no afectó ($P > 0.10$) las características del eyaculado, aunque la motilidad masal tendió (0.066) a incrementarse en los animales suplementados con citrulina, lo que sugiere una potencial mejora en el proceso de migración de los espermatozoides en el tracto reproductor femenino (Van de Hoek et al., 2022). Debido a que la espermatogénesis en ovinos tiene una duración mayor a 42.0 días (Cardoso y Queiroz, 1988), por tanto, la suplementación de citrulina por un período menor a 30 d no afectó las características del eyaculado, aunque se apreciaron diferencias numéricas en la consistencia, motilidad masal y progresivo.

Cuadro 2. Características del eyaculado de carneros pelibuey jóvenes

Concepto	Testigo	Citrulina	Valor de P
Circunferencia escrotal, cm	27.97±3.30	29.64±1.90	0.388
Volumen, mL	0.50±0.29	0.48±0.13	0.894
Consistencia	2.75±0.96	3.2±1.48	0.618
Motilidad Masal, %	2.25±1.50	3.9±0.74	0.066
Motilidad progresiva, %	67.5±17.08	82±8.37	0.136
Células vivas, %	85±10.00	93±2.74	0.267

La suplementación de 15 g de malato de citrulina tuvo un costo de \$ 20.63 por carnero por día; considerando un periodo de empadre de dos meses, la cantidad de malato de citrulina a suplementar es de 1 kg por canero por etapa de empadre.

Conclusiones

La suplementación de citrulina por un período de 30 d no influyó sobre las constantes fisiológicas en carneros jóvenes, excepto por el incremento en la frecuencia respiratoria en aquello animales suplementados con citrulina. Además, tampoco afectó el tamaño de los testículos y las características del eyaculado, excepto por la tendencia en la mejora (0.066) de la motilidad masal, una característica deseable durante el proceso de migración de los espermatozoides hacia el sitio de fertilización.

Fuente financiadora

Remanentes de proyectos varios.

Referencias bibliográficas

- Cardoso, F. M., y G. F. Queiroz. 1988. Duration of the cycle of the seminiferous epithelium and daily sperm production of Brazilian hairy rams. *Animal Reproduction Science*, 17:77-84.
- Gilbreath, K. R., G. I. Nawaratna, T. A. Wickersham, M. C. Satterfield, F. W. Bazer, y G. Wu. 2020. Metabolic studies reveal that ruminal microbes of adult steers do not degrade rumen-protected or unprotected L-citrulline. *Journal of Animal Science*, 98:skz370.
- Kiani, A. K., G. Bonetti, M. C. Medori, P. Caruso, P. Manganotti, F. Fioretti, S. Nodari, S. T. Connelly, y M. Bertelli. Dietary supplements for improving nitric-oxide synthesis. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 63(suppl.3):E239-E245.
- Van de Hoek, M., J. P. Rickard, y S. P. de Graaf. 2022. Motility assesment of ram spermatozoa. *Biology (Basel)*, 11:1715.
- Zhao, G., X. Zhao, Y. Song, A. Haire, A. Dilixiati, Z. Liu, S. Zhao, A. Aihemaiti, X. Fu, y A. Wusiman. 2022. Effect of L-citrulline supplementation on sperm characteristics and hormonal and antioxidant levels in blood and seminal plasma of rams. *Reproduction of Domestic Animals*, 57:722-733.

EFECTO DE LA FRECUENCIA DE ASPIRACIONES FOLICULARES SOBRE LA RECOLECCIÓN OVOCITARIA PARA LA PRODUCCIÓN *IN VITRO* DE EMBRIONES EN VACAS HOLSTEIN.

Esteban-Andres JR¹., Mellado-Bosque JA¹., Guerrero-Gallego HZ¹., Guillén-Muñoz JM¹., Calderón-Leyva MG¹., Véliz-Deras FG¹., Palacios-Espinosa A²., Pedroso-Sosa R³., Morales-Cruz JL¹.

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez S/N, Torreón 27054, Coahuila, México. ²Universidad Autónoma de Baja California Sur. ³Universidad Técnica de Manabí.

*Autor para correspondencia: moralesnarro@hotmail.com

Palabras clave: Biotecnologías, aspiración folicular, embriones.

Introducción

El desarrollo y la aplicación de las nuevas biotecnologías son necesarias para aumentar la eficiencia reproductiva, hoy en día la producción *in vitro* de embriones (PIVE) se ha constituido como una herramienta para el mejoramiento genético y productivo en el ganado bovino (Sirard, 2018). Esta técnica se caracteriza por lograr dentro de un laboratorio la fecundación de ovocitos, los cuales pueden ser obtenidos de los ovarios de animales sacrificados o recolectados de animales vivos mediante la técnica de aspiración transvaginal guiada por ecografía conocida como Ovum Pick-Up (OPU), siendo esta última la mejor alternativa para lograr la colecta de ovocitos de animales vivos de alto valor genético. Actualmente la OPU en combinación con la fertilización *in vitro* (FIV), mejora y aumenta la producción de embriones, y es considerada como la técnica más efectiva para el avance genético bovino.

Sin embargo, es importante señalar que son muy pocos los estudios en ganado Holstein donde se reporte el efecto de la OPU en la producción ovocitaria. Por tales razones, hipotetizamos que la frecuencia de la aspiración podría influir en los resultados de la OPU para la obtención de ovocitos y en la producción de embriones *in vitro*, evaluar si la frecuencia de aspiraciones foliculares mediante OPU influye en la cantidad y calidad de ovocitos obtenidos para la producción de embriones *in vitro* de vacas Holstein.

Objetivos

Evaluar si la frecuencia de aspiraciones foliculares mediante OPU influye en la cantidad y calidad de ovocitos obtenidos para la producción de embriones *in vitro* de vacas Holstein.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un establo lechero comercial localizado en la zona de la Comarca Lagunera del norte de México (25° norte). Se utilizaron un total de 16 vacas multíparas seleccionadas como donadoras de ovocitos, con un historial de alta producción láctea (>10,000 kg/lactancia) con un promedio mayor a 6 lactancias, oscilando entre 3-4 meses de haber parido, con una condición corporal (CC) de 3.5 en una escala de 1-5 (Bernabucci *et al.*, 2005). Se les realizó un total de 5 aspiraciones con un intervalo de 15 días entre cada aspiración.

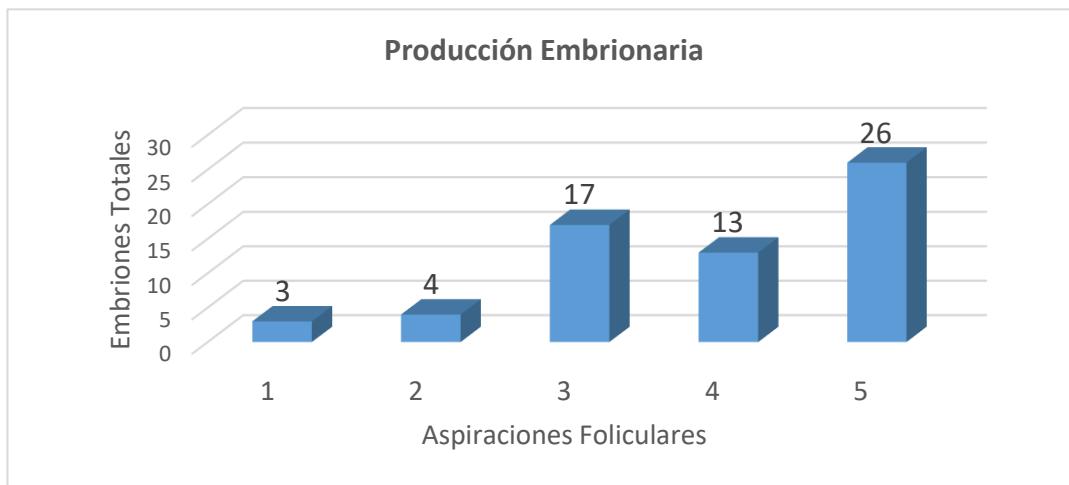
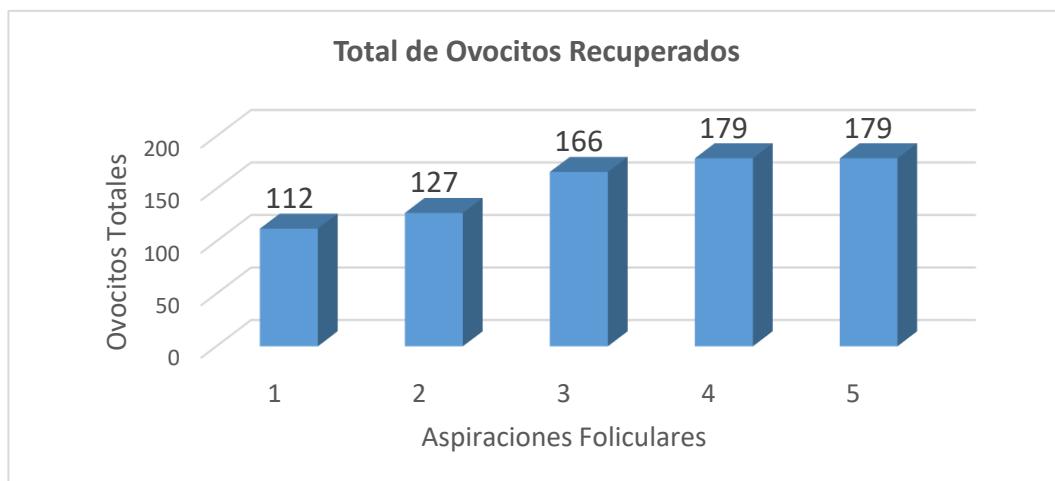
La OPU se realizó aspirando todos los folículos visibles en el ovario para la obtención de los complejos cúmulos-ovocitos (CCO's). El equipo utilizado de ultrasonido fue un (CHISON, Digital Ultrasound System, Model: 8300 VET. 5.0 MHz Sectorial) el cual se ajustó a un transductor vaginal acoplado a una sonda guía de aspiración folicular con una aguja desechable de 20 G × 2" (Jelco Plus), unido por medio de una línea de aspiración de silicón a la bomba de vacío (Pioneer Pro Pump, Pioneer Pro Pump Single -115v, Single Foot Pedal, PS 653, Canadá) y a un tubo cónico de 50 ml para la recolección.

Los CCO's recolectados fueron contados, evaluados y clasificados morfológicamente, en base a los criterios propuestos por De Loos *et al.*, (1989) utilizando los CCO's de grado I, II y III. El proceso de producción de embriones *in vitro* (PIVE) se realizó de acuerdo a lo descrito por (Cavalieri *et al.*, 2018), dicho proceso se realizó en el laboratorio del Centro de Biotecnología de la Reproducción de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, donde los embriones obtenidos fueron evaluados y clasificados morfológicamente de acuerdo a lo establecido por (Bó y Mappletoft, 2013).

Los datos de la cantidad y calidad ovocitaria y embrionaria se analizarán mediante un Modelo Lineal General (GLM) y prueba de comparación de medias y se utilizará el paquete estadístico SAS v 9.00 (2002).

Resultados (preliminares) y discusión

1.- Ovocitos recuperados por medio de OPU



2.- Total de embriones producidos por sesión de OPU.

En el presente estudio se observó que la frecuencia de aspiraciones foliculares influyó sobre la cantidad y calidad de ovocitos recuperados por medio de OPU, incrementando a medida que se realizaron las aspiraciones, recuperándose un total de 763 ovocitos en los cinco procedimientos de OPU, de los cuales 627 ovocitos se clasificaron como viables, y estos fueron los que pasaron por el proceso de PIVE.

La frecuencia de aspiraciones también influyó sobre la calidad de los ovocitos recuperados por medio de OPU, debido a que el promedio de ovocitos de grado I incrementó, de 3.9 ovocitos recuperados en la primera aspiración, a 7.1 ovocitos en la quinta aspiración, lo cual es de mucha importancia, porque al obtener ovocitos de mejor calidad, mejores son los resultados para la producción de embriones.

La producción de embriones también tuvo un incremento notable, a medida que las sesiones de OPU incrementaron obtuvimos mejores resultados de producción. Obteniendo en la primera aspiración un total de 3 embriones producidos, en la segunda aspiración con 4 embriones y en la tercera, cuarta y quinta aspiración con 17, 13 y 26 embriones producidos respectivamente.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, podemos concluir que el estímulo mecánico que ejerce la frecuencia de aspiraciones foliculares en vacas Holstein, favorecen en la producción y calidad de ovocitos recuperados por medio de OPU, y a la vez, estos ovocitos nos proporcionan mayor capacidad de

desarrollo embrionario, obteniendo así, mejores resultados para el proceso de producción de embriones *in vitro*.

Referencias bibliográficas.

1. Bernabucci, U., Ronchi, B., Lacetera, N., & Nardone, A. (2005). Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(6), 2017–2026. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72878-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72878-2)
2. Bó, G. A., & Mapletoft, R. J. (2013). Evaluation and classification of bovine embryos. In *Anim. Reprod.*, v (Vol. 10, Issue 3).
3. Cavalieri, F. L. B., Morotti, F., Seneda, M. M., Colombo, A. H. B., Andreazzi, M. A., Emanuelli, I. P., & Rigolon, L. P. (2018). Improvement of bovine in vitro embryo production by ovarian follicular wave synchronization prior to ovum pick-up. *Theriogenology*, 117, 57–60. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.11.026>
4. Loos, F. D., van Wet, C., van Maurik, P., & Kruip, T. A. M. (1989). Morphology of Immature Bovine Oocytes. In *Gamete Research*.
5. Sirard, M. A. (2018). 40 years of bovine IVF in the new genomic selection context. In *Reproduction* (Vol. 156, Issue 1, pp. R1–R7). BioScientifica Ltd. <https://doi.org/10.1530/REP-18-0008>,



4

Forrajes y manejo de pastizales

“PASTIZAL DE BOUTELOUA GRACILIS” / Edith Ramírez



LIX REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA

CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA DE POBLACIONES DE PASTO LOBERO [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] EN ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO.

Jaime Neftalí Márquez-Godoy¹, Carlos Raúl Morales Nieto^{2*}, Raúl Corrales-Lerma², Alan Álvarez-Holguín¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle de Culiacán, C. P: 80398 Culiacán, Sinaloa, México.

²Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico R. Almada km 1. C.P. 31000 Chihuahua, Chihuahua, México.

*Autor para correspondencia: cnieto@uach.mx

Palabras clave. Anatomía foliar, ecología vegetal, especie nativa.

Introducción

En México, los pastizales ocupan aproximadamente de 300,000 km², lo que representa cerca del 16% del territorio (Zermeño-González *et al.*, 2011). Sin embargo, estos ecosistemas están amenazados por diversos factores, como la expansión de tierras de cultivo, el crecimiento urbano y el uso excesivo de ganado, lo que resulta en la degradación de la diversidad de pastos. Para proteger y mejorar los pastizales, se han empleado diversas técnicas, como la rehabilitación de pastizales, no obstante, la investigación para seleccionar especies adecuadas para la resiembra se ha centrado principalmente en estudios de caracterización morfológica y nutricional. Por lo tanto, es esencial considerar la selección de especies de pastos en función de su sistema estomático, ya que los estomas desempeñan un papel crucial en la regulación del balance hídrico y fotosíntesis. Por lo tanto, el conocimiento de la distribución y densidad de los estomas puede ofrecer información valiosa sobre la capacidad de establecimiento y productividad de las especies de pastos (Álvarez-Holguín *et al.*, 2018).

El pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) es una especie nativa que se encuentra en los pastizales del norte de México. Se caracteriza por tener una altura promedio de planta de 58.47 cm y un diámetro de macollo de 5.80 cm. Además, su contenido de proteína cruda varía entre 5.47 y 10.22%. A pesar de su importancia, existe una falta de información sobre el aparato estomático de muchas especies de gramíneas, aspecto crucial para evaluar su rusticidad, capacidad de establecimiento y productividad.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue explorar y realizar una caracterización estomática en poblaciones de pasto Lobero en el estado de Chihuahua.

Materiales y métodos

En el año 2016, se recolectaron semillas de 33 poblaciones nativas de pasto Lobero en diferentes municipios del estado de Chihuahua. Cada ubicación proporcionó aproximadamente 200 g de semilla, representando así la diversidad genética de las poblaciones estatales.

Las semillas fueron almacenadas durante seis meses para inducir la ruptura de su estado natural de latencia. Posteriormente, se sembraron en bolsas de poliuretano negro llenadas con suelo franco arenoso en condiciones de invernadero. Con el fin de mantener una densidad de poblaciones uniforme, se sembraron 25 semillas en cada maceta y se aplicó riego cada tres días para mantener el suelo húmedo. Tras 90 días, se realizó un aclareo para dejar solo una planta por maceta. Luego, las macetas fueron trasplantadas y conservadas ex situ en la zona agrícola del poblado “El Vallejillo”, municipio de Chihuahua. Las variables evaluadas fueron: densidad estomática (NE), número de células epidérmicas (NC), índice estomático (IE) por milímetro cuadrado (mm²) y área estomática (AE) en micrómetros cuadrados (μm²). Estas variables se midieron en cada una de las 33 poblaciones. El método consistió en colocar una gota de pegamento instantáneo Kola Loka® (Kola Loka SA de CV, México) en un portaobjetos. Posteriormente, se presionó la hoja sobre la gota durante 30 segundos con ayuda de un borrador de goma, y luego se despegó del portaobjetos. Este procedimiento se llevó a cabo tanto en la superficie del haz (adaxial) como el envés (abaxial). Las muestras se examinaron en un microscopio electrónico con aumento de 40x y se capturaron cinco cuadros ópticos con ayuda del software Zen 2 core. Este procedimiento permitió obtener datos detallados sobre la estructura y densidad de las células y estomas en ambas caras de la hoja.

Los datos de las variables NE, NC, IE y AE se analizaron mediante un análisis de varianza por bloques completamente al azar con cinco repeticiones. Este análisis se realizó utilizando el paquete estadístico SAS (2006), con nivel de significancia de 0.05.

Resultados y discusión

El pasto Lobero mostró una distribución estomática en ambas superficies de la lámina foliar (Figura 1), lo que lo clasifica como una especie aniestomática. El rango promedio de estomas en la parte adaxial fue de 19 y 23 en parte abaxial, presentando diferencias ($P < 0.05$) entre ambas partes (Tabla 1). Álvarez-Holguín *et al.* (2018) llevaron a cabo una caracterización estomática en tres variedades (Vaugh, Niner y El Reno) y dos genotipos (E-689 y E-592) de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*), concluyendo que esta especie es aniestomática. Las especies aniestomáticas prosperan en hábitats secos y con alta radiación solar debido a su mayor eficiencia en el uso del agua. Además, la disposición de estomas en ambas partes de la hoja facilita una mayor transmisión de dióxido de carbono (CO_2) a las células del mesófilo. Esto permite que las plantas C4 mantengan su capacidad fotosintética incluso con los estomas cerrados (Bucher *et al.*, 2017).

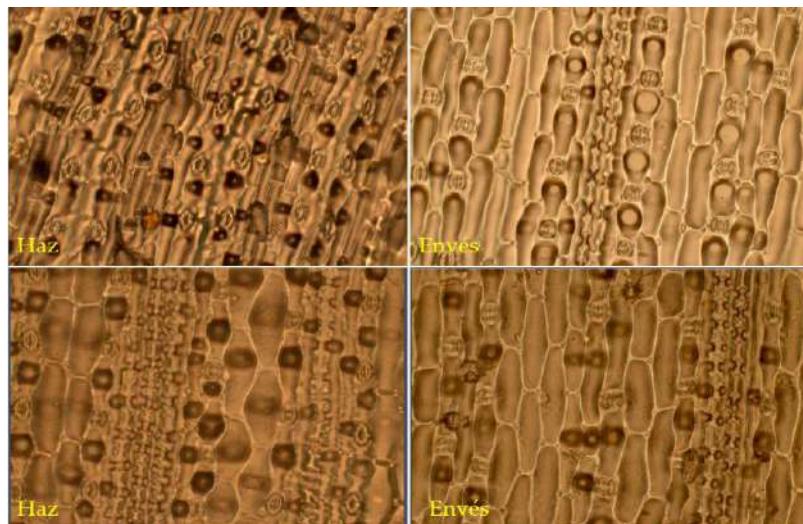


Figura 1. Distribución de los estomas en ambas caras (adaxial y abaxial) del pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) procedentes de Chihuahua, México.

Por otro lado, el área estomática fue mayor en la parte adaxial (299.4 mm^2) que en la abaxial (268.1 mm^2). El tamaño del estoma es una variable crucial para la fotosíntesis, ya que un mayor tamaño aumenta la absorción de CO_2 , beneficiando la producción de biomasa y el crecimiento de la planta, siempre y cuando el agua no sea una limitante (Álvarez-Holguín *et al.*, 2018). Finalmente, el IE fue mayor en la parte adaxial (17.9 que en la abaxial (16.4) del pasto Lobero (Tabla1). El IE proporciona información sobre la cantidad de estomas y células epidérmicas en una determinada área foliar, lo que permite comparar la densidad de estomas entre individuos de la misma especie de plantas (Álvarez-Holguín *et al.*, 2018).

Tabla1. Estadísticos simples para variables cuantitativas estomáticas de pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) en el estado de Chihuahua, México.

	Variable	Media	Desviación estándar	Intervalo máximo-mínimo	Coeficiente de variación (%)
Haz	Estomas	19.0 ^a	5.1	34.0 - 9.0	27.4
	Células	87.0 ^a	23.5	157.0 – 42.0	27.0
	Área estomática	299.4 ^a	58.1	467.0 – 177.6	19.4
	Índice estomático	17.9 ^a	2.8	25.9 – 11.2	15.5
Envés	Estomas	23.0 ^b	5.9	42.0 – 10.0	26.4
	Células	116.0 ^b	27.1	200.0 – 54.0	23.4
	Área estomática	268.1 ^b	49.5	422.5 – 161.2	18.4
	Índice estomático	16.4 ^b	2.5	25.0 – 8.5	15.3

Conclusiones

El pasto Lobero se clasifica como una especie anfiestomática debido a la presencia de estomas en ambas superficies de la lámina foliar (adaxial y abaxial). Por otra parte, se observó que los estomas y células epidérmicas presentaron un mayor número en la superficie abaxial, mientras que el área e índice estomático fueron mayores en la parte adaxial.

La caracterización estomática emerge como una técnica valiosa que proporciona información detallada sobre la estructura de las especies vegetales, incluido el pasto Lobero. Esta información puede ser de gran utilidad para comprender su fisiología y ecología, lo que a su vez puede contribuir a su adecuado manejo y conservación.

Agradecimientos

Al consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) y a la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Fuente financiadora

Recursos propios.

Referencias bibliográficas

1. Zermeño-González, A., Ríos-Estudillo, J. A., Gil-Marín, J. A., Cadena-Zapata, M., & Villarreal-Quintanilla, J.Á. (2011). Dinámica del flujo de dióxido de carbono y energía sobre un pastizal natural del norte de México. Biagro, 23(1): 35-42.
2. Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Avendaño-Arrazate, C. H., Rubio-Arias, H. O., & Villarreal-Guerrero, F. (2018). Caracterización estomática, concentración de clorofila y su relación con producción de biomasa en *Bouteloua Curtipendula*. Agronomía Mesoamericana, 29(2): 251-261.
3. Bucher, S. F., Auerwald, K., grün-Wenzel, C., Higgins, S. I., Jorge, J. G., & Römermann, C. (2017). Stomatal traits related to hábitat preferences of herbaceous species in a temperate climate. Flora, 229:107-115.

VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL DE *BOUTELOUA CURTIPENDULA* (MICHX.) TORR. GENOTIPO B-31 EN LOS PASTIZALES DE CHIHUAHUA, MÉXICO.

José Miguel Prieto Rivero¹, Alma Delia Baez-Gonzalez², Alan Alvarez-Holguin¹, Alicia Melgoza-Castillo¹, Eduardo Santellano-Estrada¹, Mario Humberto Royo-Márquez², Jesús Manuel Ochoa-Rivero²

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

* Autor para correspondencia: baez.alma@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rehabilitación de pastizales, modelación espacial, biogeografía.

Introducción

Las áreas de pastizal se encuentran entre los principales ecosistemas del mundo y cubren casi un tercio de la superficie terrestre de la Tierra ⁽¹⁾. Estos ecosistemas proveen diversos servicios ecosistémicos como la conservación de la biodiversidad; sirven como hábitat para la diversidad de especies y constituyen el principal tipo de tierra para pastoreo ⁽²⁾. En México, los pastizales y matorrales del centro y norte comprenden aproximadamente el 25 % del territorio nacional ⁽³⁾. Se encuentran en zonas áridas y semiáridas, que ocupan del 60 al 70 % de la superficie total de unos 196 millones de hectáreas del país ⁽⁵⁾. Los pastizales cubren el 12 % del Desierto Chihuahuense dentro del territorio mexicano ^(6,7), y el 63 % de esta área se encuentra en el estado de Chihuahua, donde se ha registrado una pérdida alarmante de este ecosistema. Ante este escenario, la rehabilitación de los pastizales es esencial ⁽⁴⁾. En México, gran parte de la semilla de especies utilizadas en rehabilitación de pastizales es importada, lo cual provoca altos costos y dificultad la implementación de esta práctica. Además, el uso de genotipos extranjeros no adaptados a las condiciones locales se refleja en una disminución de la probabilidad de éxito de los programas de restauración. Considerando las ventajas que muestra la especie de *Bouteloua curtipendula* para los programas de resiembra, es de suma importancia que se generen variedades a partir de genotipos locales de esta especie. Por lo que, la identificación de genotipos previamente seleccionados como sobresalientes, en términos de producción de forraje y respuesta a los programas de rehabilitación, es una actividad básica para asegurar los programas de rehabilitación de pastizales y, a la vez, atender la problemática de dependencia de variedades y semillas de especies importadas ⁽⁸⁾. El uso de modelos de simulación para determinar genotipos sobresalientes y su distribución poblacional es una herramienta básica para delimitar áreas potenciales de colecta, así como, áreas donde las condiciones suelo-clima-genotipo son las adecuadas para la especie ^(9,10), lo que asegura el éxito de un programa de rehabilitación como es la resiembra. Estudios previos han evaluado la diversidad agronómica dentro del *Bouteloua curtipendula* e identificado genotipos sobresalientes, como es el caso del B-31⁽⁸⁾. Este genotipo es originario de Parral, Chihuahua, y puede alcanzar una producción de hasta 1,700 kg MS ha⁻¹. Además, ha presentado un establecimiento de hasta 22 plantas m⁻² al segundo año después de la siembra. Sin embargo, se desconoce la distribución poblacional de este genotipo y las condiciones ambientales a las que se adapta ⁽⁸⁾.

Objetivos

1) Realizar una verificación en campo de la presencia/ausencia del genotipo de *Bouteloua curtipendula* B-31 en el área de distribución poblacional predicha para este genotipo; 2) determinar el nivel de precisión de los modelos de distribución poblacional del genotipo y 3) determinar qué tipo de variables edafoclimáticas son las que definen la distribución poblacional del genotipo en los pastizales de Chihuahua.

Materiales y métodos

Área de Estudio. Pastizales del Estado de Chihuahua, México, en áreas cercanas a la comunidad de Hidalgo del Parral (26°55'48'' Norte, 105°39'36'' Oeste).

Modelos a Validar y Variables Consideradas en cada Modelo. Los dos modelos de distribución poblacional (Figura 1) a validar fueron generados en un estudio previo, considerando 1) variables directas (T max y min enero, T max de junio, T min de julio, Ppt max agosto, Tipo suelo) y 2) variables derivadas (T diurna min enero, T noc min enero, T diurna max junio, T noc max julio, Ppt max agosto, Tipo suelo). (T= Temperatura en °C; Ppt = Precipitación en mm).

Método de Muestreo de Campo: En la etapa de validación en campo, se utilizó el método de muestreo anidado, modificado por Whittaker (11).

Generación de Malla digital para Muestreo Dirigido. Con el fin de sistematizar el muestreo en campo, se generó una malla digital georreferenciada de 100 hectáreas entre centroides (Figura 2), que permitiera, mediante dato latitud-longitud, ubicar sitios específicas objeto de muestreos de presencia y ausencia del genotipo.

Análisis Estadístico: Se generó la matriz de confusión y se analizó con pruebas estadísticas no paramétricas determinado para cada modelo: precisión general, error, especificidad, poder predictivo positivo, poder predictivo negativo, sensibilidad y proporción impar.

Resultados

En la prueba de t (one-tailed) calculada para dos medias independientes, no se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los dos modelos construidos con diferentes variables. Al analizar los resultados de cada una de las siete pruebas estadísticas, se puede observar que en lo referente a la prueba de precisión general, el grado de error y la sensibilidad o fortaleza de ambos modelos son muy similares (0.78 vs 0.73; 0.22 vs 0.27; 0.74 vs 0.76). Sin embargo, el modelo con variables directas mostró mayor precisión en especificidad, poder predictivo positivo y proporción impar que el modelo construido con variables derivadas. En lo referente a la prueba de especificidad, la cual evalúa la probabilidad condicional de que un caso que no sea X se clasifique correctamente como falso, es decir, evalúa la estabilidad del modelo para definir el patrón de distribución del genotipo, el modelo construido con variables directas tuvo mayor estabilidad que el modelo con variables derivadas (0.87 vs 0.67). Por otro lado, otra prueba estadística que muestra también la existencia de una diferencia numérica entre ambos modelos fue la prueba de proporción impar, la cual expresa la relación entre los casos asignados correctamente y los casos asignados incorrectamente; el modelo con variables directas obtuvo un valor de 19 en comparación al valor de 6 alcanzado para el modelo construido con variables derivadas. En general, ambos modelos presentan una certeza mayor al 70 %. Si expresamos esta certeza en términos de posibles sitios donde el genotipo puede ser localizado, nos indica que, por cada 10 sitios definidos como sitios de presencia del genotipo en ambos modelos, acertaremos en 8 sitios utilizando el modelo de distribución con variables directas y en 7 sitios con el modelo con variables derivadas. El error en ambos modelos es menor al 30 %.

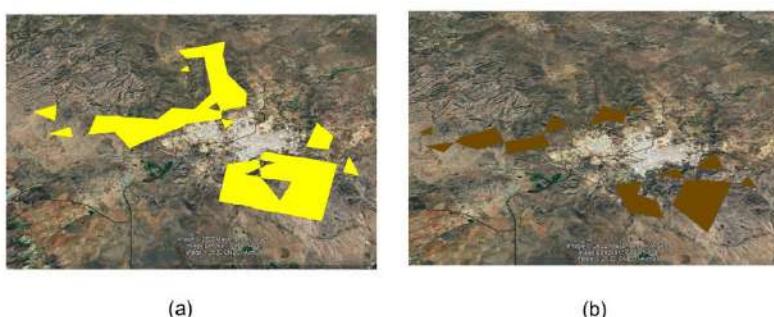


Figura 1. Modelos de distribución poblacional del *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. genotipo B-31 en los pastizales de Chihuahua, México, considerando variables edafoclimáticas directas (a) y derivadas (b).



Figura 2. Visualización en plataforma Google Earth del modelo de distribución poblacional del genotipo B-31 de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. en los pastizales de Chihuahua, México (sólido amarillo) con malla digital georreferenciada (cuadrantes azules) como apoyo al muestreo dirigido en campo.

Conclusiones

Los modelos validados en el presente estudio alcanzaron estadísticas de precisión general y un nivel de sensibilidad superior al 70 %. El poder predictivo positivo de los modelos fue superior al 80 %. Las variables temperaturas máximas y mínimas (°C) del mes de enero, temperatura máxima (°C) de junio y mínima de julio, precipitación máxima de agosto (mm) y el tipo de suelo, considerados de manera conjunta, son las variables que definen el patrón de distribución del *Bouteloua curtipendula* genotipo B-31 en los pastizales de Chihuahua, México.

En virtud a que este estudio fue enfocada al genotipo de *Bouteloua curtipendula* B-31, las conclusiones generadas son aplicables únicamente a este genotipo, por lo que se recomienda ampliar el estudio a otros genotipos de esta especie.

Referencias bibliográficas

1. Bengtsson J, Bullock JM, Egoh B, Everson C, Everson T, O'connor T, O'farrell P, Smith HG, Lindborg R. Grasslands—more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*. 2019;10(2):e02582.
2. Danhauser C, Coetze R, Orosz S, Hajnáczki S, Penksza K. Rangeland utilization by beef cattle in the dry Savanna areas of Southern Africa. *Gyepgazdálkodási Közlemények*. 2017;15(2):3-8.
3. Jurado-Guerra P, Velázquez-Martínez M, Sánchez-Gutiérrez RA, Álvarez-Holguín A, Domínguez-Martínez PA, Gutiérrez-Luna R, Garza-Cedillo RD, Luna-Luna M, Chávez-Ruiz MG. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 2021;12:261-85.
4. Sánchez-Arroyo JF, Wehenkel C, Carrete-Carreón FÓ, Murillo-Ortiz M, Herrera-Torres E, Quero-Carrillo AR. Establishment attributes of *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. populations native to Mexico. *Revista fitotecnia mexicana*. 2018;41(3):237-43.
5. PRONATURA. Recuperando los pastizales, su cultura, historia e importancia socio ecológica. PRONATURA Noreste. México 2022.
6. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Síntesis de Información geográfica del estado de Chihuahua. México 2023.
7. Lindstrom J, Ahlering M, Hamilton J. Seed sourcing for climate-resilient grasslands: The role of seed source diversity during early restoration establishment. *Ecology and Evolution*. 2023;13(11):e10756.
8. Álvarez-Holguín A. Registro varietal de nuevos genotipos élite y generación de tecnología para producción de semilla de pastos. Proyecto de Investigación. Documento interno. 2019. INIFAP.
9. Baez-Gonzalez AD, Melgoza-Castillo A, Royo-Márquez MH, Kiniry JR, Meki MN. Modeling the Distribution of Wild Cotton *Gossypium aridum* in Mexico Using Flowering Growing Degree Days and Annual Available Soil Water. *Sustainability*. 2022;24;14(11):6383.
10. Baez-Gonzalez AD, Alcala-Carmona KA, Melgoza-Castillo A, Titulaer M, Kiniry JR. Loss and Gain in Potential Distribution of Threatened Wild Cotton *Gossypium thurberi* in Mexico under Future Climate. *Sustainability*. 2022;13;14(20):13144.
11. Stohlgren TJ, Bull KA, Otsuki Y. Comparison of rangeland vegetation sampling techniques in the Central Grasslands. *Journal of Range Management*, 1998;51(2), 164-172.

FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) DEL ESTADO DE CHIAPAS.

José de Jesús Maldonado-Méndez¹, Manuel Grajales-Solís¹, Cándido Enrique Guerra-Medina¹ Gálvez-Marroquín, Luis Antonio²

* ¹C. E. Rosario Izapa, INIFAP, ²C. E. Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP

*Autor para correspondencia: maldonado.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Germoplasma, trópico, almidón.

Introducción

La yuca es considerada como una de las principales fuentes de energía para la alimentación humana en África, Asia y América. La producción mundial fue superior a los 270 millones de toneladas en 2014. El 53.7% fue producido por África, 30.7% por Asia y 15.6% por América (FAO, 2016). En México se desarrolla principalmente en las entidades de Tabasco con una producción de 13.3 mil toneladas, seguido de Michoacán y Morelos, con 3.3 y 1.8 mil toneladas, respectivamente (SIAP, 2017). En Chiapas la yuca se utiliza para el autoconsumo, principalmente la raíz fresca. Por tradición desde la cultura Maya hace unos 1,400 años se ha generado una diversidad genética de adaptación al medio, que soportan largos períodos de sequía, por lo que esta riqueza genética debe ser evaluada para seleccionar accesiones de alto valor nutricional y desarrollar programas de mejoramiento genético de esta especie.

Objetivo

Evaluar la fenología y caracterizar accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) colectadas en Chiapas, que sirva como base genética para la selección de accesiones sobresalientes.

Materiales y Métodos

Se colectaron 14 accesiones de yuca en diferentes regiones del estado de Chiapas, en el mes de enero de 2024 se establecieron en el Campo Experimental Rosario Izapa, del INIFAP, ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, con coordenadas de 14.9758 y -92.1550, a una altitud de 440 msnm, el clima es cálido húmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es superior a 3,200 mm. El tallo de las accesiones se cortó en partes de 25 cm aproximadamente y se sembraron de manera perpendicular a una profundidad entre 10 a 15 cm, la distancia entre matas fue de 60 cm y la distancia entre hileras de 1.50 m. De las características de crecimiento. Se midió altura de la planta y el diámetro del tallo a 71 y 104 días después de la siembra (DDS); la caracterización se realizó de acuerdo con los descriptores de la UPOV (2017), en el que se describieron los siguientes caracteres: 1) Del tallo: color del cortex (TCCX), color de la corteza (TCCZ), color de la cara interna de la corteza (TCIC), zigzag (TZZ), prominencia de las cicatrices foliares (TPCF), distancia entre las cicatrices foliares (TDCF), color externo de las ramas (TCER), 2) Hoja: Hoja apical; color (HA), pubescencia (HP), forma del lóbulo central (HFLC), Variegación (HV), longitud del lóbulo central (HLLC), anchura del lóbulo central (HALC), color de los nervios (HCLN), 3) Peciolo: porte en relación con el tallo (PPRT), Color (PC), 3) Estípulas: longitud (EL), división (ED). Los datos de características de crecimiento se analizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento con PROC GLM (SAS, 2020) y la prueba de medias con Tukey ($P \leq 0.05$). De los caracteres se determinó la moda y se hizo el análisis de correspondencia simple (SAS, 2020).

Resultados y Discusión

En la Figura 1 (a), se observan los datos de la altura (cm), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$), con una diferencia altamente significativa a los 71 DDS, las accesiones 10 y 14 obtuvieron la altura más alta con 60 y 61.3 cm, seguida de la accesión 12 con 52.3 cm, después las accesiones 9, 7, 11, 13, 3 y 5 con alturas que van de 47.3 a 41.3. A los 104 DDS las accesiones 10 y 14 con 155.6 y 136.4 cm tuvieron mayor altura ($P \leq 0.05$), seguida de las accesiones 12, 9 y 3 con alturas que van de 123.3 a 110.9 cm, después las accesiones 7, 6, 13, 1 y 5 con 106.9 a 105.0 cm. En la Figura 1 (b) a los 71 DDS, los resultados de grosor del tallo muestran una diferencia significativa de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$), mayor para la accesión 5 con 15.7 mm, seguida de las accesiones 10, 14, 13, 3, 1, 7 6, 9 y 8 con el grosor del tallo de 14.7 a 11.0 mm. A los 104 DDS la accesión 10 obtuvo el mayor

grosor del tallo con 26.9 mm, seguida de las accesiones 3, 7, 4, 6, 13, 2, 8, 12, 5, 11 y 14 con 21.73 a 20.3 mm, después la accesión 1 con 15.2 mm.

En general todas las accesiones mostraron buen crecimiento en condiciones de falta de humedad, indicando que puede ser un cultivo alternativo.

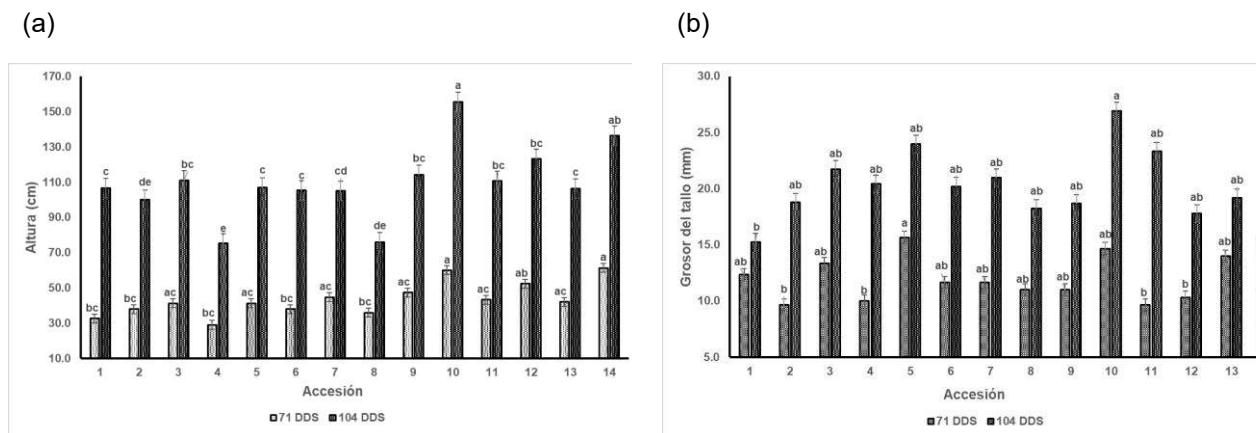


Figura 1, (a): Altura de la planta (cm) y (b) grosor del tallo (mm) \pm desviación estándar (DS) de 14 accesiones de Yuca recolectadas en el estado de Chiapas, México.

a, b: Valores de las medias en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($P \leq 0.05$);

El análisis de correspondencia simple mostró la variación morfológica cualitativa de las 14 accesiones recolectadas en el estado de Chiapas (Cuadro 1). La dispersión de las 14 accesiones quedó representada en las dos primeras dimensiones, la Figura 2 muestra la dispersión de las 14 accesiones en función de las dos primeras dimensiones y en total se formaron seis grupos con diferente número de poblaciones.

El grupo No. 1 se ubica en el primer cuadrante está integrado por las accesiones 6 y 8 que se caracterizan por tener el color del cortex verde claro, presencia de zigzag, color externo de las ramas verde rojizo, hoja apical color verde purpureo, con pubescencia, color de la hoja verde oscuro, sin variegación, la longitud del lóbulo central media, la anchura del lóbulo central media, el color de los nervios de la hoja verde, el porte del pecíolo con relación al tallo semierecto, el color del pecíolo verde rojizo, la longitud de las estípulas media y dividida.

En el grupo No. 2 se incluyó las accesiones 3 y 4 que presenta el color del cortex verde claro el color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag ausente, la distancia entre las cicatrices foliares larga, el color externo de las ramas verde, el color de la hoja apical verde claro, con pubescencia, sin variegación, longitud del lóbulo central largo, porte en relación con el tallo semi erecto, color verde rojizo, longitud de la estípula media y dividida. El grupo No. 3 está integrado por las accesiones 12, 13 y 14 en las cuales se observa el color del cortex verde claro, color de la cara interna de la corteza amarillento, ausencia de zigzag, prominencia de las cicatrices foliares fuerte, distancia entre las cicatrices foliares larga, color externo de las ramas verde, hoja apical color verde claro, sin pubescencia, forma del lóbulo elíptico, hoja color verde oscuro, sin variegación, longitud del lóbulo central medio, anchura del lóbulo central medio, color de los nervios verde, porte del pecíolo en relación con el tallo semierecto, color verde rojizo, longitud de las estípulas media y dividida.

El grupo No. 4 está constituido por las accesiones 9 y 1 en estas se observa el color del cortex verde claro, color de la cara interna de la corteza amarillento ausencia de zigzag, distancia entre las cicatrices foliares media, sin pubescencia, porte del pecíolo en relación con el tallo semi erecto, color verde rojizo, estípulas largas y divididas. En el grupo No. 5 se encuentran las accesiones que se distinguen por tener el color del cortex amarillento, el color de la corteza marrón claro, el color de la cara interna de la corteza amarillento ausencia de zigzag, hoja apical verde claro, sin pubescencia, la forma del lóbulo oboval, sin variegación, longitud del lóbulo central corto, anchura del lóbulo central media, los nervios verde rojizo, longitud de la estípula media y dividida. Finalmente, el grupo No. 6 incluye las accesiones 7 y 10 con las siguientes características: color del cortex verde claro, color de la cara interna de la corteza amarillento, ausencia de zigzag, prominencia de las cicatrices foliares fuerte, distancia entre las cicatrices foliares media, hoja apical verde claro, sin pubescencia, forma del lóbulo elíptico, color verde oscuro, sin variegacion, longitud del

lóbulo central media, anchura del lóbulo central media, nervios color verde, porte del pecíolo en relación con el tallo semierecto, color verde rojizo, longitud de las estípulas media.

Cuadro 1. Vectores y valores propios del análisis de correspondencia simple de 14 accesiones de yuca recolectadas en el estado de Chiapas, México.

Descriptor	Acrónimo	Dimensión 1	Dimensión 2	Dimensión 3
Tallos: Color del cortex	TCCX	0.0456	0.5239	0.2203
Tallos: Color de la corteza	TCCZ	0.0048	0.3154	0.5814
Tallos: Color de la cara interna de la corteza	TCIC	0.1482	0.1385	0.0015
Tallos: zigzag	TZZ	0.9417	0.0272	0.0275
Tallos: Prominencia de las cicatrices foliares	TPCF	0.0084	0.0788	0.0283
Tallos: Distancia entre las cicatrices foliares	TDCF	0.2676	0.4105	0.0041
Tallos: color externo de las ramas	TCER	0.0711	0.3921	0.1867
HOJA APICAL: Color	HA	0.5268	0.0576	0.0495
HOJA APICAL: Pubescencia	HP	0.3873	0.434	0.1752
HOJA: Forma del lóbulo central	HFDLC	0.0305	0.1169	0.1611
HOJA: Color	HC	0.1388	0.3724	0.004
HOJA: Variegación	HV	0.1388	0.3724	0.004
HOJA: Longitud del lóbulo central	HLLC	0	0.8352	0.0012
HOJA: Anchura del lóbulo central	HALC	0.0025	0.5134	0.009
PECILO: Color	PC	0.1388	0.3724	0.004
ESTÍPULAS: Longitud	EL	0.2883	0.0073	0.0128
ESTÍPULAS: División	ED	0.1818	0.155	0.2843

Conclusiones

Las 14 accesiones de yuca presentan amplia variación morfológica, por lo que se consideran un recurso genético al identificar las accesiones 10 y 14 poseedoras de los mejores genotipos tiene importancia por su alto valor alimenticio.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Establecimiento del Banco de Germoplasma de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), caracterización, evaluación productiva y nutricional en el Soconusco, Chiapas” financiado por la Estrategia de Acompañamiento Técnico, Producción Para el Bienestar.

Referencias bibliográficas

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2016. Identification of indicators for evaluating of sustainable animal diets. Animal Production and Health.
- UPOV, Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. 2017. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad Mandioca Código UPOV: MANIH_ESC (Manihot esculenta Crantz). Ginebra.
- SAS, System for Windows. 2020. SAS User's Guide Statistics, SAS Inst. Inc. Cary North Carolina USA.
- Steel, R. G. D y Torrie H. J. 1996. Bioestadística: principios y procedimientos. Traducción Ricardo Martínez B. Revisión técnica Jesús María Castaño. 2a. ed. México: McGraw-Hill, 622 p.
- SIAP 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. <http://www.gob.mx/SIAP/articulos.yuca.mandioca>.

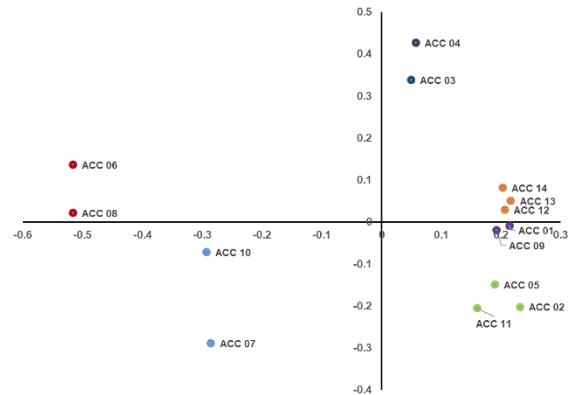


Figura 2. Dispersión de accesiones de yuca recolectada en el estado de Chiapas, México con base en el primer par de dimensiones del análisis de correspondencia simple.

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE UREA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ENSILADO DE NOPAL.

Michel Porcayo-Cabrera, Alejandro Adelaido Morales-Cruz, Carlos Manuel Arriaga-Jordán y Aurora Sainz-Ramírez*

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México,
Campus UAEM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, 50090 Toluca, Estado de México, México

*Autor para correspondencia: asainzr003@profesor.uaemex.mx

Palabras clave. Aditivos, forrajes y sequía.

Introducción

El nopal (*Opuntia ficus indica*) es una planta propia del paisaje mexicano, produciéndose en 27 entidades federativas del país, siendo empleado como alimento, bebida, medicina, tinte, en prácticas mágico-religiosas y forraje para la alimentación animal. El nopal forrajero puede ser producido bajo condiciones de sequías, teniendo bajo condiciones de sequía y altas temperaturas mejores rendimientos que las gramíneas o plantas forrajeras de hoja ancha, además de ser una fuente de agua y vitaminas. Sin embargo, se recomienda mezclar con otros alimentos para mejorar la composición química del forraje, debido a que tiene bajo contenido de proteína y azúcares, pero ante el déficit hídrico que enfrenta el país, resulta ser una alternativa de alimentación interesante.

El uso de aditivos durante el ensilaje tiene como objetivo optimizar la conservación y el valor nutricional de forraje resultante, con ello mejorar la alimentación del ganado. El uso de urea origina incrementos en la concentración de solutos, mejoran la estabilidad aeróbica de los ensilajes, y el contenido de nitrógeno del producto final.

Ante la pobre cantidad de algunos compuestos nutricionales del nopal, es necesario enriquecer con aditivos, como puede ser la urea, para obtener un producto final de mayor calidad

Objetivo:

Evaluar el efecto de la inclusión de urea sobre la composición química del ensilado de nopal forrajero.

Materiales y métodos

El trabajo no involucró experimentación con animales, y se llevó a cabo de acuerdo con procedimientos aceptados por la Universidad Autónoma del Estado de México.

La cosecha del nopal se realizó de manera manual, en plantas de 2 años en la época seca de 2023 en la comunidad de El Tejocote de Calera, perteneciente al municipio de Yuriria, Guanajuato (20°12'51" Norte y 100°08'19" Oeste), con un clima semicálido subhúmedo, con lluvias en verano y una altitud media de 2000 msnm, las pencas se dejaron pre secar por 24 horas.

La elaboración de los silos de laboratorio se realizó en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México, siguiendo la metodología modificada de Sainz-Ramírez *et al.* (2020), en cubetas de plástico con tapa de una capacidad de 4 litros. Se elaboraron un total de 10 silos de laboratorio. El material cosechado fue picado a un tamaño de dos a tres centímetros y se realizaron dos alícuotas de aproximadamente 20 kg en peso fresco cada una, para realizar los siguientes tratamientos:

Tratamiento 1 (Control): 2.52 kg nopal + 0.360 kg melaza + 0.720 kg de rastrojo de maíz molido con mazorca + 100ml de agua destilada.

Tratamiento 2 (Urea): 2.34 kg nopal + 0.175 kg urea en 100 ml de agua destilada + 0.360 kg melaza + 0.720 kg de rastrojo de maíz molido con mazorca.

Se registró el peso neto del forraje ensilado al momento de su elaboración e inmediatamente después de su apertura a los 34 días, posteriormente las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 55°C hasta peso constante, para a continuación ser molidas en un molino Pulvex y tamizadas en una malla de 1 mm. Las muestras se analizaron para determinar el contenido de: cenizas (CN) por incineración a 550°C, proteína cruda por el método de Kjeldahl, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) y el pH se determinó con un electrodo de pH al momento de abrir los silos de laboratorio.

Los resultados se analizaron de acuerdo con un diseño de muestras apareadas mediante una prueba "t" de Student, utilizando la media de las diferencias entre ambas muestras.

Resultados

El cuadro 1 muestra los resultados de la composición química de los ensilados de nopal del tratamiento con urea (T2) y sin urea (T1). La inclusión de 5% de urea en el ensilado de nopal (T2), incrementó de forma estadísticamente significativa en 68% el contenido de proteína cruda, 1.7% la cantidad de materia orgánica, 7.2% la digestibilidad del ensilado y redujo 8.8% el contenido de fibra detergente neutro con respecto al tratamiento control sin urea (T1).

Cuadro 1. Composición química del ensilado de nopal adicionado del T1 y T2 (g/kg MS)

Variable	T1	T2	EEM	P
Materia seca	239.0	283.7	35.4	0.1056
Proteína cruda	50.3	84.9	7.9	0.0001
pH	4.00	4.07	0.5	0.6077
Materia orgánica	846.6	861.5	6.7	0.0306
Fibra detergente neutro	556.2	507.3	22.7	0.0249
Fibra detergente acido	305.73	300.02	23.4	0.8214
Digestibilidad de la materia seca	538.4	577.3	14.4	0.0288

T1= tratamiento control, T2= tratamiento con urea, EEM= error estándar de la media.

Discusión

La urea es un compuesto nitrogenado de origen no proteico, que los rumiantes pueden convertir en proteína microbiana, por lo que su inclusión en los forrajes o dietas de animales permite el incremento del contenido de proteína cruda e incluso puede mejorar la respuesta productiva (Araque et al., 2008), en los resultados aquí presentados se puede observar el incremento en el contenido de proteína cruda por la adición de urea en el ensilado de nopal.

El efecto de la urea sobre la composición química en forrajes de calidad moderada ha sido ampliamente estudiado. Trabajos con haba (Sainz-Ramírez et al., 2023), heno de pasto estrella (Araque et al., 2008), residuos de caña de azúcar (Ramos-Juárez et al., 2018) y rastrojo de maíz (Castellanos et al., 2017), han reportado la disminución en el contenido de fibras con el uso de urea, al incluirla desde un 1% de urea. Esta respuesta posiblemente se presenta como consecuencia de la solubilización de la hemicelulosa por efecto de la inclusión de urea, haciendo más disponible el contenido celular. En el caso del proceso de ensilaje, estos resultados pueden verse influenciados también por el mayor tiempo de acción fermentativa del amoniaco sobre la pared celular del forraje, como ocurrió en el caso del ensilado de nopal.

La digestibilidad suele verse afectada por el contenido de fibras, mismas que incrementan con el desarrollo fenológico de las plantas; el uso de algunos aditivos como los ácidos orgánicos y la urea pueden tener efectos fibrolíticos, tal como se reporta en el presente trabajo.

Conclusiones

La inclusión de urea mejora el contenido de proteína cruda, tiene efectos fibrolíticos y mejora la digestibilidad del ensilado de nopal. El producto final cumple con las características necesarias para satisfacer las necesidades de mantenimiento de los rumiantes, por lo que el ensilado de nopal enriquecido con urea puede ser una opción de alimentación para ganado en zonas donde la producción de otros cultivos para ensilar se vea comprometida por la disponibilidad de agua.

Agradecimientos

Los autores agradecen al productor cooperante por su participación entusiasta en este trabajo. Su privacidad y la de sus familias se respetan al no divulgar sus nombres. Igualmente, se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico para Aurora Sainz-Ramírez para realizar una estancia posdoctoral y por el apoyo a los investigadores del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII).

Fuente financiadora

Este trabajo se realizó gracias al financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM 6788/2023-CID).

Referencias bibliográficas

1. Araque, C., D Aubeterre, R., Quijada, T., Dickson, L., Muñoz, G., Sánchez, A., 2008. Efectos de la complementación con heno-melaza-urea sobre parámetros productivos en cabras criollas a pastoreo. Revista Científica, 18(4), 398-402.
2. Castellanos, S., Gamarra, J., Gómez, C., Fernández, M., 2017. Amonificación de la panca de maíz (*Zea mays L*) con tres niveles de urea para la mejora de su digestibilidad. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 28(1), 78-85. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12946>
3. Ramos-Juárez, J. A., Vargas-Villamil, L. M., Izquierdo-Reyes, F., Fernández-Cabrera, C. R., Mendoza-Martínez, G. D., Aranda-Ibañez, E. M., Hernández-Sánchez, D., Elías-Iglesias, Arabel., 2018. Efecto del nivel de urea del sacchapulido sobre la degradación del forraje elefante (*Pennisetum purpureum*). Ecosistemas y recursos agropecuarios, 5(15), 563-571. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1560>
4. Sainz-Ramírez, A., Estrada-Flores, J. G., Velarde-Guillén, J., López-González, F., & Arriaga-Jordán, C. M., 2023. Effect of additives in the chemical composition of broad bean silages (*Vicia faba*). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 31(Suplemento), 249-256. <https://doi.org/10.53588/alpa.310543>
5. Sainz-Ramírez, A., Botana, A., Pereira, S., González, L., Veiga, M., Resch, C., Valladares, J., Arriaga-Jordán, C., Flores, G., 2020. Efecto de la fecha de corte y el uso de aditivos en la composición química y calidad fermentativa del ensilado de girasol. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 11(3), 620-637. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5092>

EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE VAINAS DE MEZQUITE SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ENSILADO DE NOPAL.

José Carlos Becerril-Melecio¹, Aurora Sainz-Ramírez^{2*}, Alejandro Adelaido Morales-Cruz² y Carlos Manuel Arriaga-Jordán²

¹Unidad de Estudios Superiores Morelos, Universidad Mexiquense del Bicentenario, Circuito Camino Real, Barrio primero, 50550 San Bartolo Morelos, Morelos, Estado de México, México

²Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, 50090 Toluca, Estado de México, México

*Autor para correspondencia: asainzr003@profesor.uaemex.mx

Palabras clave. Alimentación, forrajes y leguminosas.

Introducción

La alteración en el patrón de lluvias y el incremento en la temperatura ambiental ha tenido consecuencias en el ciclo de los cultivos tradicionales, como el cultivo de maíz para ensilar, empleados de manera rutinaria en la alimentación de rumiantes, por lo que resulta necesario evaluar forrajes resistentes al déficit hídrico, que se adapten a condiciones climáticas cambiantes y tengan un rendimiento aceptable.

El nopal (*Opuntia ficus indica*) es una cactácea de distribución nacional, además es una alternativa forrajera importante para zonas secas, por su resistencia al déficit hídrico, a las altas temperaturas y su capacidad de desarrollo en suelos pobres en nutrientes, además de ser considerado un cultivo que colabora con la seguridad alimentaria de las familias productoras. También se ha documentado que la inclusión de nopal en la dieta de rumiantes disminuye el requerimiento de agua al día.

Por otra parte, el mezquite (*Prosopis laevigata*) es un árbol propio de las áreas semidesérticas perteneciente al grupo de las leguminosas, y funge como una importante fuente de alimento, es un excelente fijador de nitrógeno, contribuye con la retención de humedad y disminuye la erosión del suelo. Las vainas de mezquite pueden ser una fuente importante de energía para la alimentación de rumiantes en las regiones secas, así como de proteína, y abaratar los costos de producción.

El ensilado de nopal es una opción para conservar este forraje, sin embargo, su contenido de proteína y energía es pobre, por lo que es necesario enriquecer con aditivos u otras fuentes de energía para favorecer la disminución del pH, además puede ser enriquecido con fuentes de proteína para mejorar su composición química.

Objetivo

Evaluar el efecto de la incorporación de vainas de mezquite sobre la composición química del ensilado de nopal forrajero.

Materiales y métodos

El trabajo no involucró experimentación con animales, y se llevó a cabo de acuerdo a procedimientos aceptados por la Universidad Autónoma del Estado de México.

La cosecha del nopal se realizó de manera manual, en plantas de 2 años de edad en la época de secas de 2023 en la comunidad de El Tejocote de Calera, perteneciente al municipio de Yuriria, Guanajuato (20°12'51" Norte y 100°08'19" Oeste), con un clima semicálido subhúmedo, con lluvias en verano y una altitud media de 2000 msnm, las pencas se dejaron pre secar por 24 horas.

La elaboración de los silos de laboratorio se realizó en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), siguiendo la metodología modificada de Sainz-Ramírez *et al.* (2020), en cubetas de plástico con tapa de una capacidad de 4 litros. Se elaboraron un total de 10 silos de laboratorio. El material cosechado fue picado a un tamaño de dos a tres centímetros y se realizaron dos alícuotas de aproximadamente 20 kg en peso fresco cada una, para realizar los siguientes tratamientos:

Tratamiento 1 (Control): 2.52 kg nopal + 0.360 kg melaza + 0.720 kg de rastrojo de maíz molido con mazorca.

Tratamiento 2 (Vaina de Mezquite): 2.16 kg nopal + 0.360 kg vaina de mezquite picada + 0.360 kg melaza + 0.720 kg de rastrojo de maíz molido con mazorca.

Se registró el peso neto del forraje ensilado al momento de su elaboración e inmediatamente después de su apertura a los 34 días, posteriormente las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a

55°C hasta peso constante, para a continuación ser molidas en un molino Pulvex y tamizadas en una malla de 1 mm. Las muestras se analizaron para determinar el contenido de: cenizas (CN) por incineración a 550°C, proteína cruda por el método de Kjeldahl, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) y el pH se determinará con un electrodo de pH al momento de abrir los silos de laboratorio.

Los resultados se analizaron de acuerdo a un diseño de muestras apareadas mediante una prueba “t” de Student, utilizando la media de las diferencias entre ambas muestras.

Resultados

El cuadro 1 muestra los resultados de la composición química del ensilado de nopal que incluye vainas de mezquite y el que no las incluye. La inclusión del 10% de vaina de mezquite en el ensilado de nopal, solo modificó el contenido de proteína cruda y de materia orgánica. Las vainas de mezquite incrementaron 27.1% el contenido de proteína y 2.2% el contenido de materia orgánica

Cuadro 1. Composición química del ensilado de nopal del T1 y T2 (g/kg MS).

Variable	T1	T2	EEM	P
Materia seca	237.1	230.9	14.6	0.2158
Proteína cruda	50.5	64.2	1.2	0.0002
pH	3.6	3.92	0.24	0.4435
Materia orgánica	851.4	870.6	2.1	0.0271
Fibra detergente neutro	549.8	568.3	12.3	0.3426
Fibra detergente ácido	321.7	351.2	21.3	0.0840
Digestibilidad de la materia seca	560.4	622.3	39.1	0.0800

T1= tratamiento control, T2= tratamiento con vaina de mezquite, EEM= error estándar de la media.

Discusión

Los valores aquí reportados del contenido de fibras en el ensilado de nopal, tanto en T1 como en T2, son superiores a los descritos por Bevenuto da Silva *et al.* (2022), quienes incluyeron pasto buffel y salvado de trigo en su evaluación, a diferencia del presente trabajo donde se adicionó rastrojo de maíz que es un forraje mucho más fibroso. Mientras que, en Brasil, Cordeiro *et al.* (2023) ensilaron nopal forrajero con pata de sorgo y pasto elefante y reportaron valores de fibras, materia seca y proteína similares a los presentados en el presente trabajo. En ninguno de los trabajos antes mencionados mencionan el pH de los ensilados. La composición química de las vainas de mezquite se ve afectada por el estado de maduración, densidad, edad y especie del mezquite (Moreno-Contreras *et al.*, 2021), las vainas empleadas en el presente trabajo (T2) se encontraban en un estado de completa maduración, siendo el momento donde mayor contenido de proteína y carbohidratos tiene la vaina. Armijo-Nájera *et al.* (2019) en un trabajo realizado en Coahuila reportan que vainas de mezquite en un estado de completa maduración pueden tener hasta 12% de proteína cruda, lo que explica el incremento en el contenido de proteína cruda del ensilado adicionado con vaina de mezquite.

Conclusiones

No se encontraron reportes previos donde se emplee la vaina de mezquite como complemento proteico del ensilado de nopal. La inclusión de vaina de mezquite mejora el contenido de proteína del ensilado de nopal, ofreciendo la posibilidad de tener un ensilado que satisfacer las necesidades de mantenimiento de rumiantes en zonas áridas y semiáridas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al productor cooperante por su participación entusiasta en este trabajo. Su privacidad y la de sus familias se respetan al no divulgar sus nombres. Igualmente, se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico para Aurora Sainz-Ramírez para realizar una estancia posdoctoral y por el apoyo a los investigadores del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII).

Fuente financiadora

Este trabajo se realizó gracias al financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM 6788/2023-CID).

Referencias bibliográficas

1. Armijo-Nájera, M. G., Moreno-Reséndez, A., Blanco-Contreras, E., Borroel-García, V. J., Reyes-Carrillo, J. L., 2019. Vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) alimento para el ganado caprino en el semidesierto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 113-122. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1728>
2. Bevenuto da Silva, J. K., Araújo, Santos Leal, G. G., Oliveira, E. M., Silva de Campos, J., Fleming Sena, G., Silva Costa, G., Santos, T. M., da Silva Ribeiro, G. M., Lolato, O., Fernandes, F., Anderson de Moura, Z., 2022. Rendimiento de corderos alimentados con ensilaje como alimento total a base de nopal. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(1), 19-3. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5849>
3. Cordeiro, M. W. S., Júnior, V. R. R., Monção, F. P., Palma, M. N. N., Rigueira, J. P. S., da Cunha Siqueira Carvalho, C., da Costa, M. D., D'Angelo, M. F. S. V., Costa, N. M., de Oliveira, L. I. S., 2023. Tropical grass silages with spineless cactus in diets of Holstein × Zebu heifers in the semiarid region of Brazil. *Tropical Animal Health and Production*, 20;55(2):89. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03506-6>
4. Moreno-Contrerasa, M. G., Herrera Flores, T. S., Licea de Andac, E. M., Arratia Castro, A. A., Medina Haroe, A., 2021. Diversidad morfológica del mezquite (*Prosopis spp.*) en la región de Pénjamo, Guanajuato, México. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 9(23). <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.77863>
5. Sainz-Ramírez, A., Botana, A., Pereira, S., González, L., Veiga, M., Resch, C., Valladares, J., Arriaga-Jordán, C., Flores, G., 2020. Efecto de la fecha de corte y el uso de aditivos en la composición química y calidad fermentativa del ensilado de girasol. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(3), 620-637. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5092>

IMPACTO DEL PASTOREO DE GANADO BOVINO SOBRE VARIABLES ECOLÓGICAS DEL SUELO EN UN BOSQUE ENCINO-PINO.

Jaime Neftalí Márquez-Godoy¹, Carlos Raúl Morales-Nieto², Raúl Corrales-Lerma², Federico Villarreal Guerrero², Alfredo Pinedo-Alvarez², José Humberto Vega-Mares², Nelson Guadalupe Aguilar-Palma²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle de Culiacán, C. P: 80398 Culiacán, Sinaloa, México.

²Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico R. Almada km 1. C.P. 31000 Chihuahua, Chihuahua, México.

*Autor para correspondencia: cnieta@uach.mx

Palabras clave: Pastoreo, carbono orgánico, materia orgánica.

Introducción

Los pastizales son uno de los ecosistemas más grandes del planeta, cubriendo cerca del 30% de la superficie terrestre. Por esta distribución son considerados como una fuente de bienes y servicios ecológicos en materia orgánica (MO), almacenamiento de carbono orgánico (CO), infiltración de agua (IFA), densidad aparente (DA), entre otras. Estas variables juegan un papel importante para prevenir erosión del suelo, mantener la biodiversidad de especies vegetales, mejora los procesos hidrológicos, así como mantener la porosidad y agregados del suelo, pero principalmente la producción de forraje para pastoreo de ganado bovino (Liu et al., 2019; Döbert et al., 2021).

Sin embargo, la degradación del suelo debido al mal manejo del pastoreo de ganado tiene un flujo negativo sobre las variables ecológicas. Las áreas sobre pastoreadas tienen menor porcentaje de materia orgánica en el suelo ocasionada por la baja concentración de hojarasca, cobertura vegetal, compactación del suelo y una disminución del espacio poroso; lo que ocasiona una disminución de infiltración de agua en el suelo, provocando un aumento de escorrentía y erosión del suelo. Con base en esto, se pretende conocer los impactos ecosistémicos entre diferentes razas de ganado, puesto que, este tipo de ecosistemas requieren mejores prácticas de pastoreo y una correcta administración del forraje, para mantener los servicios ecológicos antes mencionados.

Objetivo

Por lo tanto, el objetivo fue monitorear durante dos años los cambios ecológicos provocados por el pastoreo de tres grupos raciales en un bosque de pino-encino.

Materiales y métodos

El área de estudio se localiza en el Rancho Experimental Teseachi en el municipio de Namiquipa, Chihuahua y cuenta con una superficie de 12,500 ha. Se encuentra entre las coordenadas 28° 47' 42.24" N y 107° 26' 06.79" O, con una altitud de 2,083 msnm. El rango de temperatura fluctúa entre -5.9 y 31.6 °C (temperatura media anual de 13 °C) y una precipitación promedio de 580 mm. En el área de estudio predominan gramíneas como *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y especies arbóreas como *Quercus oblongifolia* y *Quercus arizonica*, *Pinus cembroides* y *Pinus arizonica*.

El experimento se realizó en el potrero las "Lajas", ubicado dentro del rancho Teseachi. Se seleccionaron 2,000 ha y se dividieron en seis sub-potreros de diferentes dimensiones de acuerdo a la topografía del terreno. Se utilizaron tres razas de ganado bovino; criollo, una crusa (angus-criollo) y raza especializada (hereford-angus). En cada potrero se colocaron tres exclusiones distribuidas en diferentes estratos (bajo, medio y alto), y con una superficie de 60 m² cada una, las cuales fueron protegidas con malla ciclónica para evitar la herbivoría por parte del ganado en pastoreo.

Para estudiar el impacto del pastoreo del ganado bovino sobre la ecología del ecosistema se evaluaron variables como: materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), densidad aparente (DA), porcentaje de porosidad (Po) e infiltración de agua en suelo (VIM). Los datos de las variables ecológicas se analizaron a través de un análisis de varianza (ANOVA), utilizando la prueba Tukey para la comparación de medias. Finalmente, se realizó un análisis de correlación para observar la asociación entre las variables evaluadas. Los análisis se realizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS 9.1.3 (2006).

Resultados y discusión

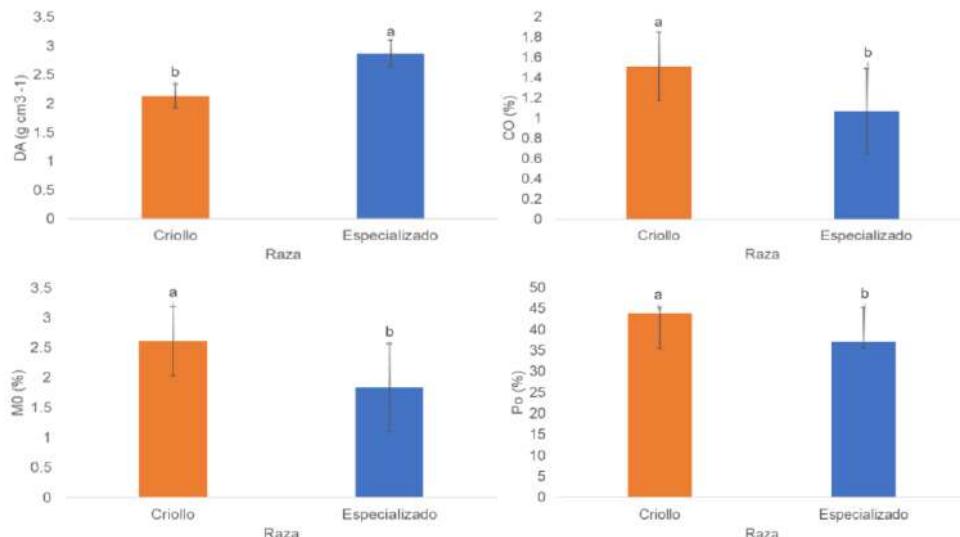
Comparación por estrato por potrero

Al medir la intensidad del pastoreo a diferentes altitudes de cada uno de los potreros, cuantificada a través de las variables ecológicas, se encontró diferencia ($p < 0.05$) en los estratos de la parte baja del potrero tres y seis en las variables carbono orgánico ($p < 0.036$; $p < 0.017$) y materia orgánica ($p < 0.036$; $p < 0.017$), donde pastorea el ganado especializado (hereford*angus) y cruzado (angus*criollo), respectivamente. Por otra parte, la VIM presentó diferencia ($p < 0.05$) en la parte baja del potrero dos donde pastorea el ganado criollo ($p < 0.020$). Finalmente, el potrero seis (angus*criollo) presentó diferencias ($p < 0.05$) en el porcentaje de porosidad del suelo ($p < 0.009$) en el estrato bajo. Esto se puede deber a que el ganado especializado no tiende a recorrer grandes distancias y, por lo tanto, solamente se concentró en las partes planas, ocasionando zonas de castigo, perjudiciales para los servicios ecosistémicos (Conegliano et al., 2022). La crusa (angus-criollo) puede mostrar estos mismos patrones de pastoreo, debido a que presenta genes provenientes de una raza especializada como es el angus. Por su parte, Raynor et al. (2021) mencionan que este tipo de comportamiento en el ganado puede estar influenciado por la disponibilidad de alimento y la distribución de bebederos en el agostadero.

Comparación de razas por potrero

En algunas variables ecológicas entre las diferentes razas de cada potrero se observaron diferencias ($p < 0.05$). Por ejemplo, el ganado cruzado (angus*criollo) proveniente del potrero uno y la raza especializada (hereford*angus) perteneciente al potrero tres, presentaron diferencias ($p < 0.05$) en las variables MO ($p < 0.034$), CO ($p < 0.034$) y Po ($p < 0.015$). Por otra parte, el ganado criollo del potrero cuatro presentó diferencia ($p < 0.05$) con el ganado especializado (hereford*angus) del potrero cinco. En general, el ganado criollo presentó menor impacto sobre las variables ecológicas, al compactar menos el suelo y aumentar el CO, la MA y la Po del suelo (Figura 1).

Figura 2.



Comportamiento de la densidad aparente (DA), carbono orgánico (CO), materia orgánica (MO) y porosidad del suelo (Po) con ganado criollo del potrero cuatro, comparado con el ganado especializado (hereford*angus) del potrero cinco. Medias con literales diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.05$).

Análisis de Correlación

El cuadro 1 muestra que al realizar el análisis de correlación se observó una relación ($p < 0.05$) negativa entre DA con CO ($r = -0.3359$; $p < 0.0001$), MO ($r = -0.3363$; $p < 0.0001$), Po ($r = -0.5547$; $p < 0.0001$) y VIM ($r = -0.2399$; $p < 0.0038$). Esta relación es natural debido a que, al existir mayor compactación del suelo (DA) los poros se cierran y se interrumpe la infiltración de agua al suelo, así como el intercambio de gases, provocando que las especies vegetales sean incapaces de desarrollarse y mantenerse.

Cuadro 1. Coeficientes de correlación entre las variables ecológicas de los sub-potreros del potrero “Las Lajas” del Rancho Experimental Teseachi.

	DA	CO	MO	Po	VIM
DA	1				
CO	-0.3359** P < 0.0001	1			
MO	-0.3363** P < 0.0001	1** P < 0.0001	1		
Po	-0.5547** P < 0.0001	0.3998** P < 0.0001	0.4001** P < 0.0001	1	
VIM	-0.2399* P < 0.0038	0.1905* P < 0.0222	0.1909* P < 0.0219	0.2337* P < 0.0048	1

Diferencia estadística * (p<0.05); ** = (p < 0.0001); DA = desidad aparente; CO = carbono orgánico; MO = materia orgánica y Po = porosidad del suelo.

Conclusiones

La crusa (angus-criollo) y la raza especializada (hereford-angus) mostraron diferencias ($p < 0.05$) en el estrato bajo, ocasionando reducción de las variables ecológicas, al presentar una mayor concentración del ganado en pastoreo en dicha zona.

Los potreros donde pastorea el ganado criollo presentaron los valores más bajos en densidad aparente, lo que pudiera explicar el aumento de las demás variables ecológicas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) y a la Facultad de Zootecnia y Ecología-UACH.

Referencias bibliográficas

1. Conegliano, O. A. H., L. J. Blanco, S. A. Utsumi, A. F. Cibilis, M. G. Cendoy, F. Jaime, and P. Ricci. 2022. Foraging behavior of Argentine Criollo and Angus cows grazing semi-desert rangelands in the Arid Gran Chaco region of Argentina. *J. Arid Environ.* 2016:10482676.
2. Döbert, T. F., E. W. Bork, S. Apfelbaum, C. N. Carlyle, S. X. Chang, U. Khatri-Chhetri, L. S. Sobrinho, R. Thompson, and M. S. Boyce. 2021. Adaptive multi-paddock grazing improves water infiltration in Canadian grassland soils. *Geoderma.* 401:115314. doi:10.1016/j.geoderma.2021.115314.
3. Liu, Y., H. Miao, X. Chang, and G. L. Wu. 2019. Higher species diversity improves soil water infiltration capacity by increasing soil organic matter content in semiarid grasslands. *Land degradation and development.* 30:1599–1606. doi:10.1002/ldr.3349.
4. Raynor, E., S. P. Gersie, M. B. Stephenson, P. E. Clark, A. S. Spiegel, R. K. Boughton, and D. J. Augustine. 2021. Cattle grazing distribution patterns related to topography across diverse rangeland ecosystems of North America. *Rangeland ecology and management.* 75: 91-103.
5. SAS, Institute INC. (2006). Statistical Analysis System 9.1.3 User’s guide. Cary, NC, USA.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE, COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y MORFOLÓGICA DE MEZCLAS BINARIAS DE CEREALES DE GRANO PEQUEÑO.

Sirley Carrillo-Hernández*, Felipe López-González, Carlos Manuel-Arriaga Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México

*Autor para correspondencia: scarrilloh002@alumno.uaemex.mx

Palabras clave: Producción forrajera, mezclas forrajeras, cereales de grano pequeño.

Introducción

La eficiencia productiva de los sistemas ganaderos es afectada por la baja disponibilidad de alimentos en cantidad y calidad durante los períodos críticos. Los posibles efectos del cambio climático como variaciones en los patrones de lluvia y en temperatura, son factores críticos para la producción forrajera y ante esto, se subraya la necesidad de evaluar forrajes adaptados a condiciones más secas en comparación a forrajes convencionales (Khosravi et al., 2018). En este sentido los cereales de grano pequeño (CGP), los cuales incluyen cebada (*Hordeum vulgare*), centeno (*Secale cereale*) y triticale (*X. Triticosecale Wittmack*), son una opción por su ciclo de crecimiento corto, ya que se adaptan a bajas precipitaciones o cortas temporadas de lluvia y a la falta de riego, además poseen características de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas (Gómez-Miranda et al., 2020) y su evaluación en mezclas forrajeras ha demostrado altos rendimientos de forraje y beneficios en calidad, resultados dependientes del tipo de especies que las conforman (Carrillo-Hernández et al., 2023); por lo que un factor clave en su desempeño es la correcta selección de estas, siendo necesario determinar su potencial bajo condiciones desfavorables de precipitación y suelo, al ser los principales factores limitantes en su producción.

Objetivo

Evaluar la producción de forraje, composición botánica y morfológica de dos mezclas binarias de cereales de grano pequeño conformadas por cebada, centeno y triticale, sembradas de forma tardía en un suelo de baja fertilidad.

Materiales y métodos

Área de estudio: Las mezclas se establecieron del 29 de junio a 19 de septiembre de 2022 en el Municipio de Aculco en el Estado de México (20°12' 47" N y 99°57'47" W, 2140) en terrenos de temporal de un productor de leche en pequeña escala. El suelo fue muestreado a una profundidad de 0-20 cm y presentó textura franco-arcillosa (68-10- 22% de arena, arcilla y limo); capacidad de intercambio catiónico, 1.77 Cmol/kg; pH, 6.5; MO, 1.41% y 21.6, 28.7, 346.1, 458.5, 51.5 kg/ha de N, P, K, Ca, Mg respectivamente.

Tratamientos, diseño experimental y análisis estadístico: Dos mezclas binarias: T1, cebada (*H. vulgare* – Cerro Prieto) y centeno (*S. cereale*- Criollo) y T2, centeno y triticale (*X. T. Wittmack*- bicentenario) fueron establecidas en 1 ha cada una. Se utilizó una densidad de siembra de 140 kg de semilla por ha y se fertilizó con 100 kg/ha de N y 60 kg/ha de P₂O₅.

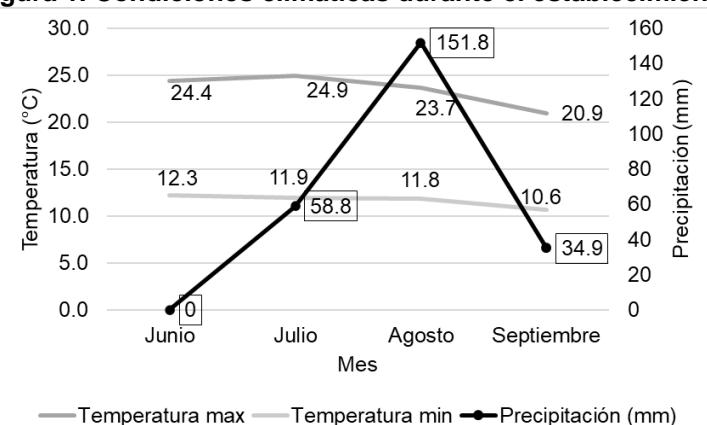
La evaluación se realizó bajo un diseño completo al azar con 6 subdivisiones por mezcla, las cuales actuaron como repeticiones y el análisis estadístico se realizó en el software Minitab vs 19 bajo el modelo lineal general: $Y = \mu + Ti + Rj (j=6) + eij$, donde Y= variable a evaluar; μ = efecto debido a la media; T=efecto del tratamiento (j=2); R= efecto de la repetición (j=6) y eij= efecto debido a la variación residual.

Variables evaluadas: La altura de los cultivos se midió en cm y se tomaron 30 mediciones por subdivisión siguiendo un patrón de zigzag. La producción de forraje se estimó a partir del forraje cortado a nivel del suelo en tres cuadrantes de 50 X 50 cm por subdivisión, de este forraje se tomó una muestra de 200 g para determinación de materia seca mediante secado en horno con ventilación controlada a 65 °C por 48 horas. El forraje de tres cuadrantes similares fue separado en sus componentes botánicos (cereal y otras especies) y morfológicos (hoja, tallo y espiga), los cuales fueron secados y su valor expresado en kg por ha para composición botánica y en porcentaje para la composición morfológica de acuerdo con lo reportado por Carrillo- Hernández et al. (2023). Estas variables fueron evaluadas antes del corte de los cultivos para ensillado a los 82 días post siembra en un estado fenológico de grano masoso.

Resultados y discusión

Durante el establecimiento de los cultivos la precipitación acumulada fue de 245 mm (Figura 1), valor 50 % inferior al presentado durante la misma época en el año anterior y la temperatura promedio mínima y máxima fue de 11.6 y 24.5°C respectivamente.

Figura 1. Condiciones climáticas durante el establecimiento



Fuente, elaboracion propia a partir de datos de CONAGUA

La altura de los cultivos fue similar entre estos ($p>0.05$) y la producción en promedio fue 1.6 Mg de MS/ha más alta en T1 ($P<0.05$), lo cual se relaciona con factores de competencia entre las especies y a un contenido de cereal 0.9 Mg/ha más alto en dicho tratamiento (Tabla 1). Estos valores son inferiores a los presentados para mezclas de cereales de grano pequeño en la misma región (promedio 7.5 Mg/ha, Carrillo-Hernández et al., 2023) y son reflejo de las difíciles condiciones climáticas durante su establecimiento.

Tabla 1. Altura, producción y composición botánica de las mezclas

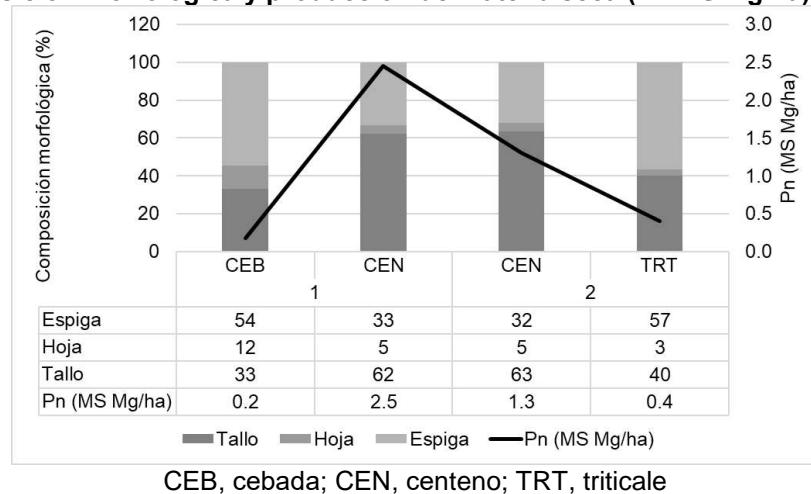
Variable	Cultivo			
	T1	T2	EEM	p value
Altura y rendimiento				
Altura (cm)	82.5	80.8	2.23	0.583
Producción MS (Mg/ha)	5.3	3.7	1.99	0.044
Composición botánica (MS Mg/ha)				
Contenido de cereal	2.6	1.7	0.33	0.027
Otras especies	2.6	1.9	0.66	0.313

T1, cebada+ centeno; T2, Centeno+ triticale; MS, materia seca; EMM, error estándar de la media

Las dos mezclas presentaron alta proporción de otras especies (promedio 51%), principalmente *Cosmos bipinnatus*. Entre los CGP evaluados el centeno fue el de mejor desempeño productivo (Figura 2), pero tuvo la proporción más alta de tallo, una estructura asociada a un alto contenido de fibra detergente neutro y a una menor digestibilidad lo cual pudo impactar en la calidad final de la mezcla. Por su parte, debido a un desarrollo más rápido de la cebada y triticale en comparación al centeno, estas especies tuvieron la proporción más alta de espiga, pero su aporte de materia seca total fue bajo. En relación con la mezcla, se observó dominancia del centeno sobre la cebada (92:8%) y una mejor relación centeno triticale (82:8%). Ante las condiciones de baja fertilidad del suelo y de baja precipitación al inicio del establecimiento de los forrajes (Figura 1), el desarrollo de los cereales de vio afectado, no obstante, el impacto en el centeno fue menor debido a que entre los CGP, esta especie presenta mejores características de adaptación (Kennelly y Weinberg, 2003). A su vez, las difíciles condiciones climáticas sumadas a una falta de manejo en los cultivos de CGP como el que se da a otros cultivos por parte de los productores de la región, la aparición

de vegetación espontánea como el cosmos fue favorecida, no obstante, también es un recurso forrajero utilizado en estos sistemas (Gómez-Miranda et al., 2023).

Figura 2. Composición morfológica y producción de materia seca (Pn MS Mg/ha) por cereal



Conclusiones

Bajo menores precipitaciones y condiciones de suelos de baja calidad, la inclusión de cebada no representa una opción para incorporarse en las mezclas de cereales de grano pequeño. El centeno por su parte mostró mejores características de rendimiento, siendo el cereal dominante y junto al triticale, el de mejor percepción por parte del productor participante; por lo que la mezcla de estas especies es la indicada para una siembra tardía en sistemas de producción con características similares a las de la región de estudio.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México a través del proyecto UAEM 6467/2022/CIB y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología—CONAHCYT, por la beca de posgrado de Sirley Carrillo-Hernández. Los autores agradecen a estas instituciones y al productor participante y a su familia, nombres que por privacidad de los mismos no son revelados.

Referencias bibliográficas

1. Carrillo-Hernández., López-González, F., Velarde-Guillén, J. and Arriaga-Jordán, C.M. 2023. Small-grain forage mixtures for silage: Yield and botanical, morphological and chemical composition. International Journal of Agriculture and Natural Resources, 50 (3), 98-110. <https://doi.org/10.7764/ijanr.v50i3.2483>. ISSN: 2452-5731
2. Gómez-Miranda, A., Estrada-Flores, J.G., Morales-Almaráz, E., López-González, F., Flores-Calvete, G. and Arriaga-Jordán, C.M. 2020. Barley or black oat silages in feeding strategies for small-scale dairy systems in the highlands of México. Canadian Journal of Animal Science, 100, pp. 221–227. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0237>
3. Gómez-Miranda, A., Arriaga-Jordán, C.M., Vieyra-Alberto, R., Castro-Montoya, J.M. and López-González, F. 2023. Evaluation of weed silage in dairy cattle feeding in small-scale dairy systems, Tropical and Subtropical Agroecosystems, 26 (074).
4. Kennelly, J.J. and Weinberg, Z.G. 2003. Small grain silage. In D.R. Buxton, R.E. Muck, and J.H. Harrison, Eds. *Silage science and technology*. Agronomy Monograph 42. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. Pp 749-779.
5. Khosravi, M., Y. Rouzbehani, Y., Rezaei, M. and Rezaei, J. 2018. Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows, Journal of Dairy Science, 101, 10953–10961. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14350>

ANÁLISIS DE PATRONES DE MOVIMIENTO DE GANADO CAPRINO Y BOVINO Y COBERTURA DE VEGETACIÓN EN ÁREAS DE PASTOREO EN ZONAS ÁRIDAS.

Judith Aviña-Hernández^{1*}, Juan José Montes-Sánchez², Jorge Luis Becerra-López³

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, ²Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología-Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste Unidad Guerrero Negro, ³Universidad Juárez del Estado de Durango.

*Autor para correspondencia: judithavin04@gmail.com

Palabras clave: Monitoreo remoto, índices de vegetación, ganadería en zonas áridas.

Introducción

La ganadería extensiva es una práctica común realizada en las regiones áridas de México, basada principalmente en ganado caprino y bovino que depende en su mayoría del pastoreo en tierras comunales (Cingolani *et al.*, 2008). Los ganaderos y ganaderas realizan diferentes manejos del agostadero, destacando los cambios en la carga animal, baja o alta en distintos períodos, permitiendo que el ganado manifieste cambios en la intensidad y frecuencia de defoliación, alterando en el mediano y corto plazo la altura, estructura, cobertura y composición botánica del sitio de pastoreo (Reategui *et al.*, 2019). Las sequías son un importante factor ambiental que distingue y caracteriza a las regiones áridas y semiáridas del mundo. Ante el estrés hídrico, la ganadería extensiva se enfrenta al reto de adaptarse a los patrones de sequía local, modificar la carga animal de manera apropiada puede reducir efectos negativos en las comunidades vegetales y en la misma producción animal (Distel, 2013). Las herramientas de percepción remota, como el sistema global de posicionamiento y las imágenes satelitales, pueden ser utilizadas para monitorear los patrones de movimiento de rebaños en amplias áreas de pastoreo, así como evaluar el estado de la cobertura vegetal en el corto, mediano y largo plazo en los sitios ocupados por los rebaños, dando la oportunidad de mejorar la toma de decisiones de manejo del rebaño basados en un buen entendimiento de la dinámica de la vegetación en respuesta a los patrones de precipitación (Pérez-Solano y Mandujano, 2018).

Objetivo

Describir los patrones de movimiento de hatos de caprinos y bovinos en áreas de pastoreo extensivo en el desierto Chihuahuense y Sonorense, México, durante el periodo de octubre de 2022 a abril de 2024 y evaluar la variación en la cobertura de la vegetación en estas mismas áreas de pastoreo durante el periodo de análisis.

Materiales y métodos

Se seleccionaron tres áreas de estudio en donde la ganadería extensiva tradicional es una de las principales actividades productivas. En el desierto Sonorense, las áreas de estudio fueron la Sierra de San Francisco, Mulegé, y Oasis de Los Comondú, Comondú, ambos en Baja California Sur, la principal actividad en ambos sitios es la cría de caprinos para la producción de cabrito lechal y de leche para su transformación en queso. En el desierto Chihuahuense el área de estudio fue el municipio General Simón Bolívar (Simón Bolívar), Durango, donde se dedican a la producción de bovinos de carne. Las áreas de estudio cuentan con clima árido y semiárido. En la Sierra de San Francisco y el Oasis de Los Comondú la vegetación dominante es el matorral sarcocaule (94% y 92%, respectivamente). En Simón Bolívar, la vegetación dominante es el matorral desértico (58 %) y la vegetación secundaria arbustiva (20%); además de contar con superficie dedicada a la agricultura (13%). Se estimaron las áreas utilizadas para pastoreo y los patrones de movimiento del ganado mediante el uso de collares con dispositivos GPS (Domodis™, España) entre octubre de 2022 y septiembre de 2023 en Simón Bolívar, entre enero y diciembre de 2023 en la Sierra de San Francisco y entre abril de 2023 y febrero de 2024 en el Oasis de Comondú. En la Sierra de San Francisco se colocó un collar en un hato caprino del poblado San Francisco de la Sierra (San Francisco) y otro collar en un hato caprino del poblado Palo de Rayo. En el Oasis de Los Comondú se colocó un collar en un hato de caprino en el rancho Palo Verde. Se colocaron collares en tres diferentes hatos de bovinos en Simón Bolívar, en los ejidos: Oriente Aguanaval (OA), José Trinidad García de la Cadena (GC) y José Isabel Robles (IR). Los collares en los caprinos registraron la ubicación de los animales cada media hora y los collares de bovinos cada hora. Para conocer el área de pastoreo de los hatos se crearon polígonos

alrededor de los registros de los collares utilizando la herramienta envolvente cóncavo del software QGIS versión 3.12.2. También se utilizó la capa de uso de suelo y vegetación a nivel nacional generada por CONABIO para identificar los tipos de vegetación presentes al interior de los polígonos de pastoreo. Para conocer el estado de la vegetación en los sitios de estudio se descargó una imagen mensual de los satélites Landsat 8 y 9 del periodo en que las cabras y bovinos portaron los collares GPS desde la página web del servicio geológico de los Estados Unidos (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Las imágenes se procesaron en el software R versión 4.3.1 (R core Team, 2023) utilizando la librería raster para calcular el índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI, por sus siglas en inglés) y posteriormente se determinó el porcentaje de cobertura de vegetación dentro los polígonos de pastoreo basados en el número de pixeles con valor SAVI superior a 0.20.

Resultados y discusión

En la Sierra de San Francisco, los hatos caprinos de Palo de Rayo y San Francisco pastorean áreas de bosque de encino, mezquital xerófilo y matorral sarcocaule. El polígono de pastoreo en Palo de Rayo alcanzó 1487 ha y se observó que en los meses de invierno el ganado pasta en un área más reducida, relacionado con un manejo conocido como arrendar (término mencionado por el ganadero que significa buscar al ganado por las tardes) para asegurar que los partos sean cerca del rancho, mientras que en los meses de abril, mayo, agosto, septiembre y octubre se observó que el área de pastoreo es más extensa, relacionado con periodos sin ordeña. En San Francisco se registró un polígono de pastoreo de 705 ha y se observó que en los meses de septiembre, octubre y noviembre el hato pasta en las zonas mezquital, relacionado con la presencia del ejote de mezquite (*Prosopis articulata*), de acuerdo con el conocimiento de los ganaderos, los demás meses el pastoreo se concentró en el área de bosque de encino. Respecto a la cobertura de vegetación estimada a partir de los valores de SAVI en las áreas de pastoreo durante el periodo observado, se registró una cobertura del 51.5 % en enero, 16.1 % en junio, 87.1 % en septiembre y 34.6 % al final del año en San Francisco, en Palo de Rayo la cobertura fue de 39.7 % en enero, 4.1 % en junio, 90.8 % en septiembre y 22.7 % en diciembre, lo cual deja clara la importancia de los periodos de lluvia de verano e invierno en la región.

En el Oasis de Comondú, el hato de Palo Verde pastorea áreas de matorral sarco-crasicaule, matorral sarcocaule, bosque de mezquite y mezquital xerófilo. El polígono de pastoreo alcanzó 2334 ha y se observó que en los meses de mayo, junio, julio y agosto la cabra pastaba principalmente en matorral sarcocaule. En los meses de septiembre, octubre y noviembre el pastoreo se concentra en el matorral sarco-crasicaule, y en los meses de diciembre, enero y febrero el animal permaneció en el bosque de mezquite alimentándose en áreas menos amplias que los demás meses. Respecto a la cobertura de vegetación estimada a partir de los valores de SAVI en las áreas de pastoreo durante el periodo observado, se registró una cobertura de 7.2 % en junio, 55.1 % en septiembre y 7.1 % en febrero, en este caso solo se observó la relevancia de la temporada de lluvias de verano en la máxima cobertura de vegetación.

En los polígonos de pastoreo en Simón Bolívar los tipos de vegetación pastoreados por los tres hatos de bovinos incluyen zonas de agricultura de riego anual, agricultura de temporal anual, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, vegetación secundaria de matorral desértico rosetófilo, vegetación secundaria de matorral desértico micrófilo, pastizal inducido y asentamientos humanos. En los tres ejidos se observó que cada 15 días los hatos se movían a zonas distintas, incluyendo las áreas agrícolas en las que se les provee residuos agrícolas. Los polígonos de pastoreo fueron de 3110, 4652 y 2824 ha para GC, IR y OA, respectivamente. Respecto a la cobertura de vegetación estimada a partir de los valores de SAVI en las áreas de pastoreo durante el periodo observado, se registró una cobertura de vegetación de 56.2 % en octubre de 2022, 19.7 % en diciembre, 2.1 % en marzo de 2023 y 15.3 % en julio en OA. Una cobertura de 94.5 % en octubre de 2022, 6.7% en enero de 2023, 14.6 % en marzo de 2023, 50.7 % en julio en IR y una cobertura de 92.2 % en octubre de 2022, 21.9 % en diciembre, 5 % en marzo de 2023 y 27.9 % en junio en GC.

Conclusiones

La ganadería extensiva tradicional implica diferentes estrategias de manejo del agostadero por parte de los productores. En San Francisco de la Sierra de observó un pastoreo extensivo con un incremento de la superficie del pastoreo conforme avanza la época sin lluvias. En Comondú también se observó un pastoreo extensivo, pero al parecer el ganado utiliza tres zonas distintas en diferentes periodos. En tanto, en Simón Bolívar, los datos sugieren un pastoreo rotacional entre el matorral desértico y la superficie agrícola. La cobertura vegetal aumentó 71 % entre temporada de secas y las lluvias de verano en 2023 en la Sierra de

San Francisco, hay una diferencia de 48 % más de cobertura en temporada de lluvias contra temporada seca en Comondú, y la cobertura se redujo 87 % en Simón Bolívar entre la temporada de lluvias de 2022 y secas de 2023.

Agradecimientos

Se extienden agradecimientos al CONACYT por el financiamiento otorgado para el Proyecto PRONACES-PRONAII 319072 “Sustentabilidad y resiliencia de sistemas socioecológicos ante el cambio climático, bienestar social, patrimonio biocultural y seguridad alimentaria en sistemas ganaderos tradicionales en ambientes áridos”. Además de un especial agradecimiento a los productores por colaborar en el uso de los collares GPS.

Referencias bibliográficas

1. Cingolani, AM., Noy-Meir, I., Renison, D. y Cabido, MR. (2008). La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología Austral*, 18(5000): 253–271. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2008000300002&script=sci_abstract&tlng=es
2. Distel, AR. (2013). Manejo del pastoreo en pastizales de zonas áridas y semiaridas. *Revista Argentina de Producción Animal*, 33(1): 53-64
3. Pérez-Solano, LA. (2018). Radiotelemetría Gps: Aplicación En El Monitoreo Del Ganado Caprino En La Reserva De La Biosfera De Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Agro Productividad*, 11(10): 63-69. doi: 10.32854/agrop.v11i10.1246
4. Reategui, K., Aguirre, N., Oliva, R. y Aguirre, E. (2019). Grazing pressure on forage availability of Brachiaria decumbens. *Scientia Agropecuaria*, 10(2): 249-258. doi: 10.17268/sci.agropecu.2019.02.10
5. R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE ALFALFA (*Medicago Sativa L.*) A DIFERENTE EDAD DE REBROTE EN LA ESTACIÓN DE PRIMAVERA.

Perpetuo Álvarez-Vázquez^{1*}, José J. Ochoa-Espinoza, Joel Ventura Ríos¹, García Salas-Alejandro¹, Josué I. García-López¹, Fidel M. Peña-Ramos¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315

*Autor para correspondencia: perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx

Palabras clave: *Medicago sativa L.*, edad de rebrote, composición botánica- morfológica.

Introducción

El comportamiento, en producción estacional de materia seca en especies forrajeras, es útil para detectar épocas de alta y baja disponibilidad de forraje (Rojas *et al.*, 2019). Por tanto, determinando la curva de crecimiento de una especie, se puede establecer el manejo de la defoliación, que hace eficiente la producción de forraje y reduce el deterioro de las praderas (Hernández y Martínez, 1997), ya que la productividad de una pradera está en función del manejo, cambios en la población, densidad y tamaño de tallos, que determinan producción de forraje (Rojas *et al.*, 2016).

Objetivo

Determinar el punto óptimo de cosecha de alfalfa (*Medicago sativa L.*), variedad Premium en función de la estructura de la pradera.

Materiales y métodos

El estudio se ubicó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México (25° 23' latitud norte y 101° 00" longitud oeste), a una altitud de 1783 m. El clima es templado semiseco, con temperatura promedio de 18 °C y algunos días con temperaturas por debajo de los cero °C, con precipitación media anual de 340 mm (Climate-Data-org, 2010). Se utilizó una pradera de alfalfa (*Medicago sativa L.*), variedad Premium, en su primer año de establecimiento el 04 de febrero de 2019. Fueron 21 parcelas de 9 m² (3 x 3 m). Al inicio se realizó un corte de uniformización (4 de mayo de 2019) a una altura promedio de 5 cm. Se llevaron a cabo siete muestreos semanales (Días de rebrote), en tres parcelas, cada una se consideró como una repetición. Se aplicaron riegos a capacidad de campo cada 15 días. Se estimó, rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹), en dos cuadrantes de 0.25 m² (50 x 50 cm), a una altura de 5 cm a partir del suelo. Del forraje se utilizó una sub-muestra (aproximadamente el 10 %) para estimar composición botánica-morfológica (hoja, tallo, material muerto, inflorescencia y maleza). Las muestras fueron depositadas en bolsas de papel y secadas en una estufa de aire forzado Modelo POM-246F, a una temperatura de 55 °C durante 72 hrs o a peso constante. Previo al corte, se tomaron 12 mediciones de altura, con una regla de madera de 100 cm, de 1 mm. Se realizó un ANOVA con el procedimiento PROC GLM, del SAS (2004), para un diseño completamente al azar, con tres repeticiones, y cuando hubo efecto de los días de rebrote, se realizó una comparación de medias mediante la prueba Tukey ($p<0.05$). Las curvas ajustadas de crecimiento con su modelos y coeficientes respectivos se obtuvieron con el programa Curve Expert Professional 2.0 (Curve Expert Computer Software. Vers 2.0 N.p. D.d. Web).

Resultados y discusión

Rendimiento de materia seca: Hubo un incremento semanal en MS, conforme aumentó la edad de la planta (Figura 1). La producción de MS se incrementó durante el rebrote con un R^2 de 0.98, describiendo una curva polinómica, debido a que, el cambio en la producción de forraje fue constante a través del tiempo. Al respecto, Rojas *et al.* (2019), muestran tendencias similares en trébol rojo (*Trifolium pratense L.*), presentando tendencias positivas en el crecimiento con una $R^2 = 0.98$, ajustándose a una ecuación lineal.). Los valores oscilaron de 488 kg MS ha⁻¹ a los 7 DDR, hasta 4,768 kg MS ha⁻¹ a los 49 DDR, con una producción promedio de 2,603 kg MS ha⁻¹, por lo que se presentaron diferencias entre semanas de rebrote ($p<0.05$), mostrando un crecimiento positivo hasta 42 DDR. Para el estado de Oaxaca, Montes *et al.* (2016) reportan rendimientos de alfalfa a los 49 días de 2,794 kg MS ha⁻¹, en la misma estación de primavera. Por otra parte, en la altura de la planta de alfalfa (*Medicago sativa L.*) variedad Premium (Figura 1), se presentó una tendencia progresiva desde los primeros 7 DDR hasta los 21 DDR, con valores de 14 a 44 cm,

respectivamente ($p<0.05$). De los 21 a los 49 DDR, no se presentaron diferencias estadísticas ($p>0.05$), alcanzando su mayor valor con 53 cm. El comportamiento de la altura de la planta se ajustó a un modelo polinómico, con una R^2 de 0.97. De acuerdo con Gaytán *et al.* (2019), los valores mayores de altura de la planta se obtienen a los 28 DDR, en praderas de un año de establecidas con valores de 37 cm, siendo superior a un periodo de rebrote de 21 DDR, con 28 cm.

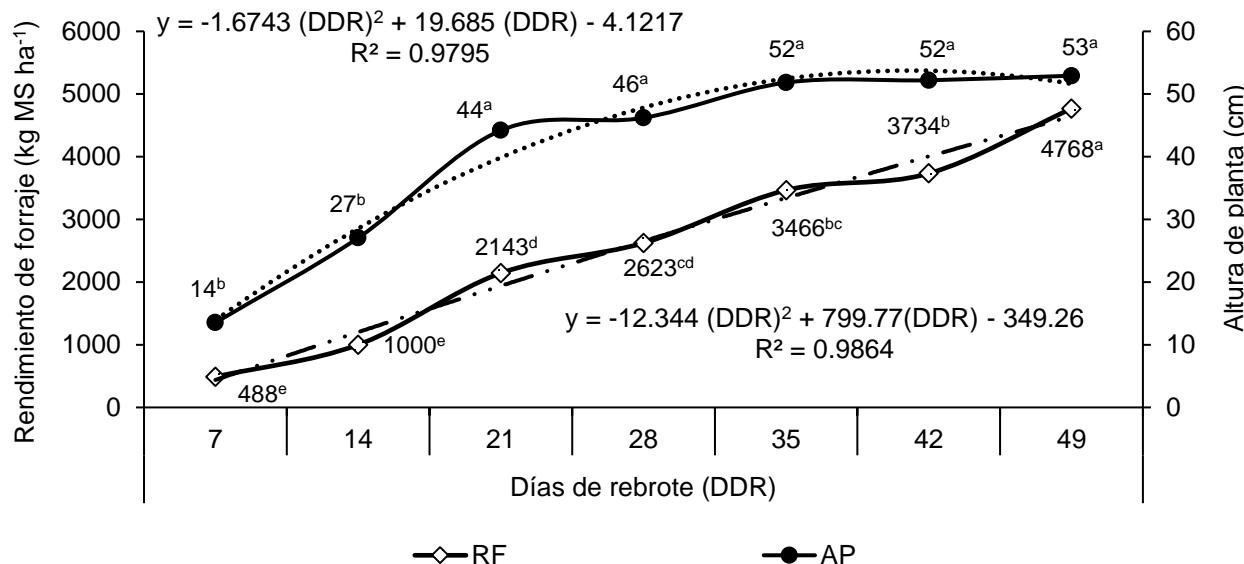
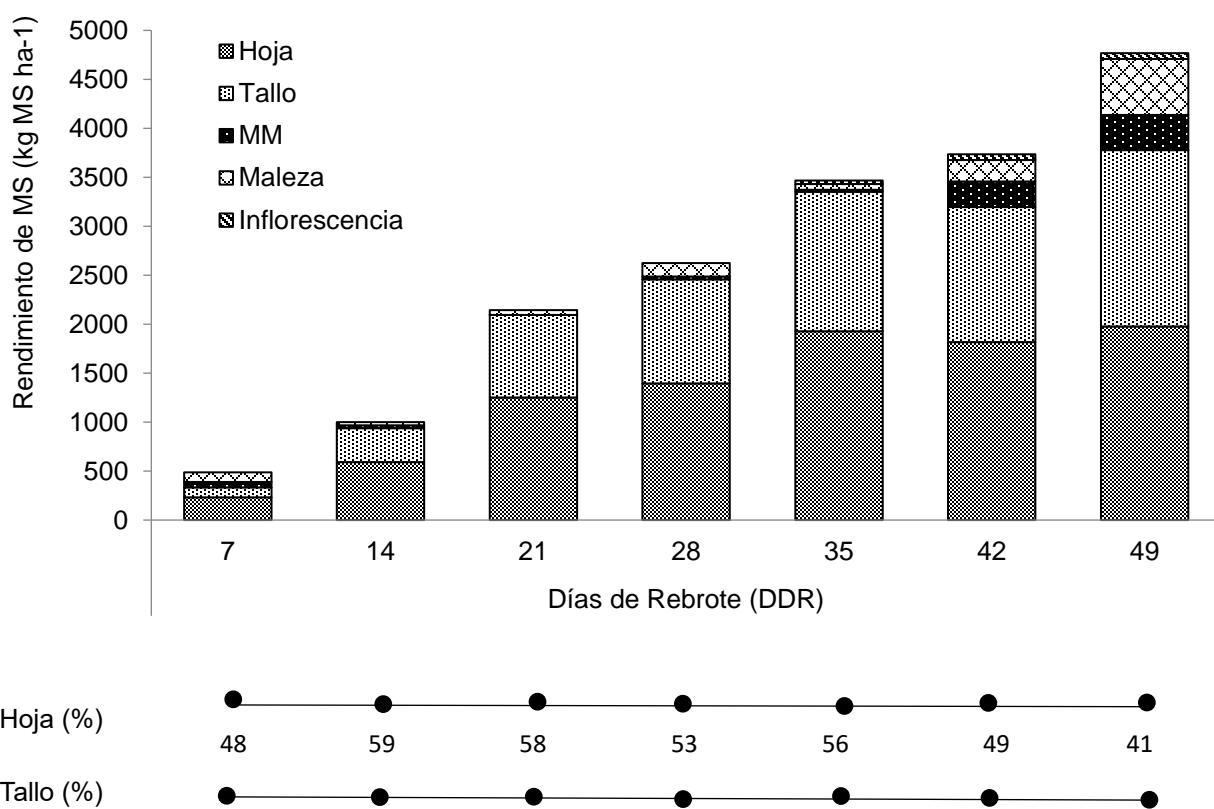


Figura 1. Rendimiento de materia seca (kg MS ha^{-1}) y altura de alfalfa (*Medicago sativa L.*), cosechada a diferentes edades de rebrote. Diferente literal minúscula entre cortes, indican diferencias estadísticas ($\text{Tukey } p \leq 0.05$). RF = Rendimiento de forraje, AP = Altura de planta.



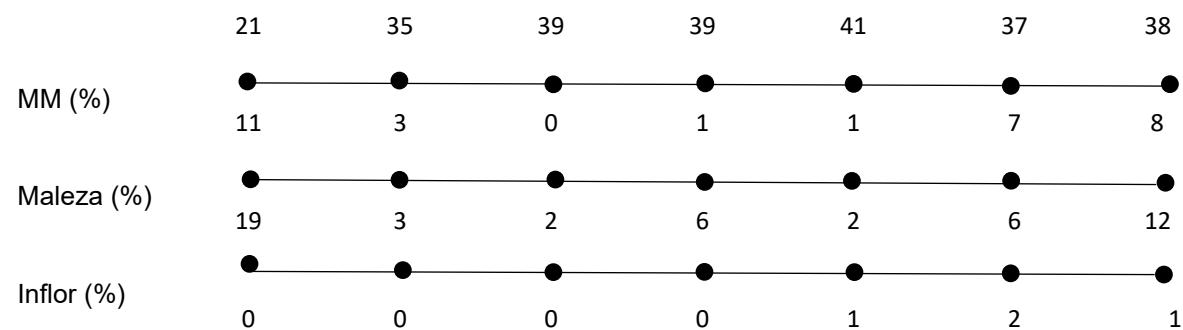


Figura 2. Composición Botánica y Morfológica (CBM) de alfalfa cosechada a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera. MM = Material muerto, Inflor. Inflorescencia.

Los cambios en la composición botánica y morfológica (Figura 2), desde los primeros 7 hasta los 49 DDR, se incrementó la aportación de los componentes a la producción de materia seca (kg MS ha^{-1}). La hoja fue la que más aportó con un 52 % promedio, seguida por el tallo, maleza, material muerto e inflorescencia, con 36, 7, 4 y 1 %, respectivamente. La hoja alcanzó su máximo porcentaje de aportación (59 %) a los 14 DDR, y se redujo hasta un 41 % a los 49 DDR. En el tallo, se observó un incremento de 21 % a los 7DDR, hasta 38 % a los 49 DDR, teniendo su máxima aportación a los 35 DDR (41 %). En el material muerto y maleza, los valores oscilaron entre 0 y 11 % y 2 y 19 %, respectivamente, sin tener una clara tendencia. Por su parte, la inflorescencia se presentó en las últimas tres semanas de muestreo, lo que refleja la madurez fisiológica de la planta. No obstante, Mendoza *et al.* (2010), establecieron que la mayor distribución de hoja, independientemente de la estación del año, se presenta en intervalos de corte 21 y 28 DDR.

Conclusiones

El comportamiento de la curva de crecimiento de alfalfa (*Medicago sativa L.*) variedad Premium, fue variable en función de la edad de rebrote de la especie. Conforme aumentó la fecha de cosecha, fueron cambiando las características morfológicas y botánicas, entre los 21 y 28 días de rebrote semana de evaluación, con un mayor porcentaje de hoja, respecto al tallo en la estación de primavera.

Referencias bibliográficas

1. Climate-Data.org. (2010). <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/coahuila-de-zaragoza/saltillo-4988/>
2. Gaytán, V. J-A., Castro, R. R., Villegas, A. Y., Aguilar, B. G., Solís, O. M-M., Carrillo, R. J-C., Negrete, S. L-O. (2019). Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa L.*) a diferentes edades de la pradera y frecuencias de defoliación. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 10(2): 353-366. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4319>
3. Hernández, G. A., y Martínez, H. P. A. (1997). Utilización de pasturas tropicales: En Torres H.G. y Díaz R.P.(Eds). Producción de ovinos en zonas tropicales. Fundación Producce-INIFAP. 8-24 pp.
4. Mendoza, P. S-I., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Quero, C. A-R., Escalante, E. J. A-S., Zaragoza, R. J-L. y Ramírez, R. O. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias; 1:287-296.
5. Montes, F. J., Castro, R. R., Aguilar, B. G., Sandoval, T. S. y Solís, O. M. M. (2016). Acumulación estacional de biomasa área de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago sativa L.*). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias; 7(4):539-552.
6. Rojas, G. A. R., Hernández, G. A., Joaquín, C. S., Maldonado, P. M. A., Mendoza, P. S. I., Álvarez, V. P. y Joaquín, T. B. M. (2016). Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas; 7(8): 1855-1866.
7. Rojas, G. A-R., Mendoza, P. S.I., De Lira, C. AL., Álvarez, V.P., Maldonado, P.M-A., González, C. P., Pro M.A., Joaquín, C.S., Luna, G. M. (2019). Rendimiento de trébol rojo (*Trifolium pratense L.*) a diferente edad de cosecha. Agro productividad; 12 (8):11-15. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1444>

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PENCA NOPAL, EL MAGUEY Y DISTINTAS COMBINACIONES COMO ALTERNATIVA FORRAJERA PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMINATES.

Aurora Sainz-Ramírez^{1,2*}, Desiderio Rodríguez Velázquez¹, Jorge Antonio Varela Guerrero¹, Alejandro Adelaido Morales-Cruz² y Carlos Manuel Arriaga-Jordán²

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEAM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, 50090 Toluca, Estado de México, México

²Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEAM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, 50090 Toluca, Estado de México, México

*Autor para correspondencia: asainzr003@profesor.uaemex.mx

Palabras clave: Sequía, agave y cactáceas.

Introducción

En México, cerca del 40% del territorio nacional tiene un clima árido y semiárido, sin embargo, de acuerdo con el Monitoreo de sequía de México de la CONAGUA de mayo de 2023 a mayo de 2024, solo 81 municipios de los 3205 que integran los diferentes estados del país, no han presentado algún grado de sequía en su territorio, el resto presenta sequía en algún grado. CONAGUA clasifica el nivel de sequía como: anormalmente seco (D0), sequía moderada (D1), sequía severa (D2), sequía extrema (D3) y sequía excepcional (D4), siendo los estados del centro y norte los más afectados.

La sequía ha afectado la siembra y cosecha de cultivos tradicionales como maíz y sorgo, entre otros, empleados para la alimentación animal, lo que ha ocasionado el incrementado del uso de plantas nativas, resistentes a condiciones climáticas adversas, como lo son algunas especies de cactáceas y suculentas. El nopal (*Opuntia ficus indica*) y el maguey (*Agave salmiana*) se caracterizan por ser plantas capaces de desarrollarse en condiciones de bajas precipitaciones y tienen una amplia distribución en el territorio nacional, son una fuente de agua y vitaminas y pueden ser empleados para la alimentación de cabras, ovinos, bovinos e incluso equinos (Flores-Hernández *et al.*, 2017). Bajo condiciones de producción intensiva el cultivo de nopal puede tener un rendimiento por hectárea de 21 t/ha/ mes. Además, tanto el nopal como el maguey son plantas que pueden ser aprovechadas por los productores para otras actividades además de la alimentación de animales.

La composición química del nopal (Urrutia-Morales *et al.*, 2014) y el maguey (Delgadillo-Ruiz *et al.*, 2015) han sido evaluados por separado, en la zona norte del país, pero no en conjunto como una alternativa para la alimentación de rumiantes.

Objetivo

Evaluar la composición química de la penca de nopal y maguey en la zona centro del país, así como distintas mezclas de ambos para determinar su potencial como alternativa forrajera para rumiantes.

Materiales y métodos

El trabajo no involucró experimentación con animales, y se llevó a cabo de acuerdo a procedimientos aceptados por la Universidad Autónoma del Estado de México.

La cosecha de las pencas de nopal y maguey se realizó de manera manual, en plantas de 2 y 3 años de edad respectivamente, se cortaron 3 pencas de forma aleatoria por planta, se muestraron en total 30 plantas de una superficie de media hectárea por cultivo, a finales de la época de secas de 2024 en la comunidad de Galeras del municipio de Colón (20°47'00"Norte y 100°03'00"Oeste) en Querétaro, que se caracteriza por tener un clima templado semiseco, con lluvias en verano, una precipitación anual de 439mm, con base en la clasificación de CONAGUA la región de cosecha se encuentra en un grado de sequía D4. A continuación las pencas fueron picadas por separado, con una picadora de forraje y se tomaron cinco muestras de cada tipo de forraje de 3.5 kilogramos en base fresca, para ser llevadas y analizadas en el laboratorio.

Antes de ser analizadas, de manera manual se realizaron tres mezclas: M1= 30% nopal + 70% maguey, M2= 50% nopal/50% maguey; M3= 70% nopal/30% maguey. Posteriormente las muestras se secaron a 75 °C durante 24 horas en una estufa de aire forzado y, a continuación, se molieron a través de un tamiz de 1 mm. Las muestras se analizaron para determinar el contenido de: materia orgánica (MO) mediante incineración a 550 °C (AOAC, 1990), proteína bruta (PC) por el método Kjeldahl (N x 6,25), fibra detergente

neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) según Van Soest *et al.* (1991), la digestibilidad de la materia seca se estimó usando el contenido de fibras.

Las variables de composición química de las mezclas se analizaron bajo un diseño completamente al azar, con el modelo: $Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$ donde μ = media general, t = efecto de los tratamientos ($i= 1,2,3$) y e = variación residual, los datos que presentaron diferencias significativas fueron analizados con una prueba de Tukey.

Resultados

El cuadro uno muestra los resultados de la composición química de la penca de nopal, el maguey y las mezclas evaluadas M1, M2 y M3. Destaca la disparidad en el contenido de materia seca y fibras entre las pencas de nopal y maguey, siendo casi 400% superior el contenido de MS, FDN y FDA en la penca de maguey respecto al nopal. Entre mayor porcentaje de sustitución tiene el nopal por el maguey, se observa un decremento casi lineal en el valor de materia seca y fibras y un incremento en la digestibilidad estimada del forraje. La mezcla M3 resultó ser el tratamiento con mejores valores.

Cuadro 1. Composición química del nopal, el maguey, M1, M2 y M3 (g/kg MS).

Variable	Nopal	Maguey	M1	M2	M3	EEM	P
Materia seca	122.1	556.5	423.8a	342.6b	258.1c	22.4	0.017
Proteína cruda	46.6	45.1	45.3	45.7	46.0	0.52	0.632
Materia orgánica	762.9	812.0	797.0	786.7	776.3	10.7	0.469
Fibra detergente neutro	140.1	518.6	406.5a	324.3b	259.5c	36.5	0.047
Fibra detergente ácido	115.2	376.7	298.1a	253.4a	201.0b	26.4	0.044
Digestibilidad de la materia seca	764.8	546.7	585.2a	606.1a	673.5b	17.7	0.038

M1= 30% nopal/70% maguey; M2= 50% nopal/50% maguey; M3= 70% nopal/30% maguey.

Discusión

El contenido de proteína cruda que reportan Flores-Hernández *et al.* (2017) en Durango es 40% mayor que lo encontrado en el presente trabajo a pesar de tener un contenido de materia seca similar. Cordeiro *et al.* (2023) mencionaron que el contenido de proteína en la penca de nopal se ve afectada especialmente por la especie, además de la edad de la planta madre, tamaño de la penca y humedad.

La composición química del maguey es similar a la descrita en las dos especies evaluadas por Delgadillo-Ruiz *et al.* (2015). Del Toro *et al.* (2016) mencionaron que el agave es una fuente natural de fructanos que contribuyen a la formación de prebióticos los cuales favorecen la salud gastrointestinal de los animales y el incremento de peso vivo.

La combinación M3 presenta la mejor composición química de los tres tratamientos evaluados, por lo que resulta ser la combinación adecuada para cubrir las necesidades de mantenimiento de rumiantes, al tener un contenido bajo de fibras y una digestibilidad adecuada (Delgadillo-Ruiz *et al.* 2015).

Conclusiones

La penca de nopal y maguey tienen un contenido de proteína cruda similar, la combinación M3 ofrecen la composición química con mayor contenido de proteína cruda, un contenido de fibras bajo y una digestibilidad aceptable, que podrían contribuir a una dieta de mantenimiento en rumiantes.

Agradecimientos

Los autores agradecen al productor cooperante por su participación entusiasta en este trabajo. Su privacidad y la de sus familias se respetan al no divulgar sus nombres. Igualmente, se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico para Aurora Sainz-Ramírez para realizar una estancia posdoctoral y por el apoyo a los investigadores del SNII. También se agradece a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SADEA) del estado de Querétaro por el apoyo para el análisis de los forrajes.

Fuente financiadora

Este trabajo se realizó gracias al financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM 6788/2023-CID).

Referencias bibliográficas

1. Cordeiro, M. W. S., Júnior, V. R. R., Monção, F. P., Palma, M. N. N., Rigueira, J. P. S., da Cunha Siqueira Carvalho, C., da Costa, M. D., D'Angelo, M. F. S. V., Costa, N. M., de Oliveira, L. I. S., 2023. Tropical grass silages with spineless cactus in diets of Holstein × Zebu heifers in the semiarid region of Brazil. *Tropical Animal Health and Production*, 20;55(2):89. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03506-6>
2. del Toro, M. I., Martínez Aguilar, Y., Valdivié Navarro, M., Sánchez Chipres, D., & Jiménez Plascencia, C. 2016. Caracterización físico-química de la harina de tallos de *Agave fourcroydes* Lem (Henequén). *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(10),1-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63647454007>
3. Delgadillo Ruiz, L., Bañuelos Valenzuela, R., Esparza Ibarra, E. L., Gutiérrez Bañuelos, H., Cabral Arellano, F. J., Muro Reyes, A. 2015. Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6, 2099-2103. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.778>
4. Flores-Hernández, A., Araújo-Filho, J. t., Gomes da Silva, F., Ramírez-Ordoñez, S., Murillo-Amador, B. 2017. Dietas a base de forraje tradicional y nopal (*Opuntia spp.*) enriquecido con proteínas para alimentar cabras. *Nova scientia*, 9(18), 149-166. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.828>
5. Urrutia-Morales, J., Gámez-Vázquez, H. G., Beltrán-López, S., Díaz-Gómez, M. O. 2014. Utilización de *Atriplex canescens* y *Opuntia ficus indica* en la alimentación de cabras lactantes durante la sequía. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 287-296.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE BIOMASA DE UN ZACATAL DE *Amelichloa clandestina* EN LA ESTACIÓN DE VERANO.

Sait Juanes-Marquez¹, Perpetuo Álvarez-Vázquez^{2*}, Antonio Flores Naveda², José E. García-Martinez², Juan A. Encina-Dominguez², José J. Ochoa-Espinoza², Fidel Maximiano Peña-Ramos²

¹Estudiante de Doctorado en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sanches, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. Mexico. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

*Autor para correspondencia: saitjuanes@gmail.com

Palabras clave: Rendimiento de forraje, pastizal, *Amelichloa clandestina*.

Introducción

Los pastizales son cruciales para la sustentabilidad de la producción ganadera y la preservación de equilibrios ecológicos en diversos ecosistemas globales (Blair *et al.*, 2014). En el sureste de Coahuila, México, en áreas agrícolas abandonadas, se ha establecido *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth, conocido como zacate picoso. Esta especie ha demostrado una notable capacidad de colonización, extendiendo su distribución a regiones como Coahuila, Nuevo León y el oeste de Texas. La densidad y capacidad de regeneración son cruciales para la durabilidad y productividad de los pastizales, esenciales para la sustentabilidad de los sistemas de producción animal. Estos elementos están vinculados con los patrones de crecimiento, declinación y supervivencia de la cobertura vegetal (Herrera-Corral *et al.*, 2014). Para una gestión óptima del pastoreo y asegurar una adecuada provisión de alimento para el ganado, es crucial entender la capacidad de regeneración de las especies vegetales en estos ecosistemas. La capacidad de rebrote de las plantas es fundamental en la dinámica de los pastizales, impactando directamente su resiliencia y disponibilidad de forraje (Domínguez-Escudero *et al.*, 2021). En particular, es vital evaluar la capacidad regenerativa de *A. clandestina*, ya que sus características pueden variar significativamente con las condiciones climáticas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y capacidad de rebrote del *A. clandestina* para determinar su mayor producción en la estación de verano.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el rancho experimental "Los Ángeles" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México ($26^{\circ}06' N$, $101^{\circ}06' O$). La altitud varía entre 2100 y 2400 m. El clima es BWhw (e'), seco y semiárido extremoso, con una precipitación anual promedio de 350 mm. Se evaluó un zacatal dominado por *A. clandestina* en 32 hectáreas, estableciendo tres unidades experimentales de 5 x 20 m (100 m²). El 24 de Junio de 2023 se realizó un corte de uniformización y el primer muestreo fue el 8 de Julio de 2023. Durante el verano, se midieron intervalos en días después del rebrote (DDR). Para cuantificar rendimiento de materia seca (RMS) producida por *A. clandestina*, se cosecharon los rebrotos en cada unidad experimental. Se realizaron seis ciclos de muestreo a intervalos de 15 días, cubriendo 90 días desde el corte inicial. Los rebrotos de cuatro individuos por repetición se secaron en estufa a 60°C durante 48 horas hasta peso constante. El análisis de datos consideró el peso de la materia seca en kg ha⁻¹, con una densidad de seis individuos/m². El crecimiento de las plantas se evaluó mediante 12 mediciones aleatorias de altura en seis evaluaciones. Una submuestra del 10% del forraje cosechado se utilizó para análisis de composición botánica-morfológica (CBM), desglosando el forraje en hojas, tallos y material muerto. Cada componente se secó individualmente. La relación hoja/tallo (R:H/T) se determinó seleccionando diez tallos al azar. Se separaron las hojas y los tallos, y se pesaron sus componentes secos. La R:H/T se calculó con la fórmula: Relación hoja/tallo = Peso de hoja / Peso de tallo. Los datos se analizaron mediante ANOVA con PROC GLM (JMP 15 Pro) y la prueba de Tukey al 5% de significancia.

Resultados y discusión

La Figura 1 muestra el ajuste logarítmico de la altura de las plantas, con una correlación significativa ($R^2 = 0.95$). La altura varió entre 12.3 cm a 15 días después del rebrote (DDR) a 38.3 cm a 90 DDR, con diferencias significativas ($p \leq 0.05$). La acumulación de materia seca de *A. clandestina* siguió un modelo logarítmico ($R^2 = 0.98$), con un rendimiento máximo de 536 kg ha⁻¹ a 90 DDR y un mínimo de 54 kg ha⁻¹ a 15 DDR, ($p \leq 0.05$). La media de producción fue de 338 kg ha⁻¹, afectada por las condiciones secas del verano en el norte de México. Por su parte *A. clandestina*, una especie nativa, mostró desarrollo gradual

con baja humedad. Por su lado Juanes *et al.* (2022) reportaron rendimientos similares, de 267 kg ha⁻¹ y 391.5 kg ha⁻¹ en pastizales de zacate picoso durante el verano, y alturas promedio de 34 cm.

La Figura 2 muestra la relación hoja/tallo (R:H/T) de *A. clandestina* durante distintos períodos de rebrote, con un máximo de 8.3 a 90 DDR y un mínimo de 1.0 a 15 DDR, promediando 5.0, lo que indica mayor producción de hojas en verano. La Figura 2b muestra los rendimientos de hoja, tallo y material muerto (MM) en diferentes DDR. A 15 DDR, los rendimientos de hoja y tallo fueron 18.9 y 22.9 kg ha⁻¹, respectivamente, y el material muerto fue menor a 90 DDR con 5.0 kg ha⁻¹. A 90 DDR, la hoja aportó 137.6 kg ha⁻¹ (58.3%) y el tallo 92.9 kg ha⁻¹ (39.4%). El material muerto tuvo su mayor contribución a 30 DDR con 12.7 kg ha⁻¹ (8.6%). Los resultados indican un incremento en los rendimientos de hojas y tallos a lo largo del periodo de observación. Los bajos rendimientos iniciales de hojas se deben al inicio del crecimiento y la acumulación insuficiente de biomasa. El aumento posterior se relaciona con la actividad de los tallos y el aumento de humedad. Este patrón resalta la dependencia del crecimiento vegetativo y la producción de biomasa en la disponibilidad de agua, un fenómeno observado también en otras áreas semiáridas donde la precipitación es un factor clave para la productividad de los pastizales (Kramberger *et al.*, 2014).

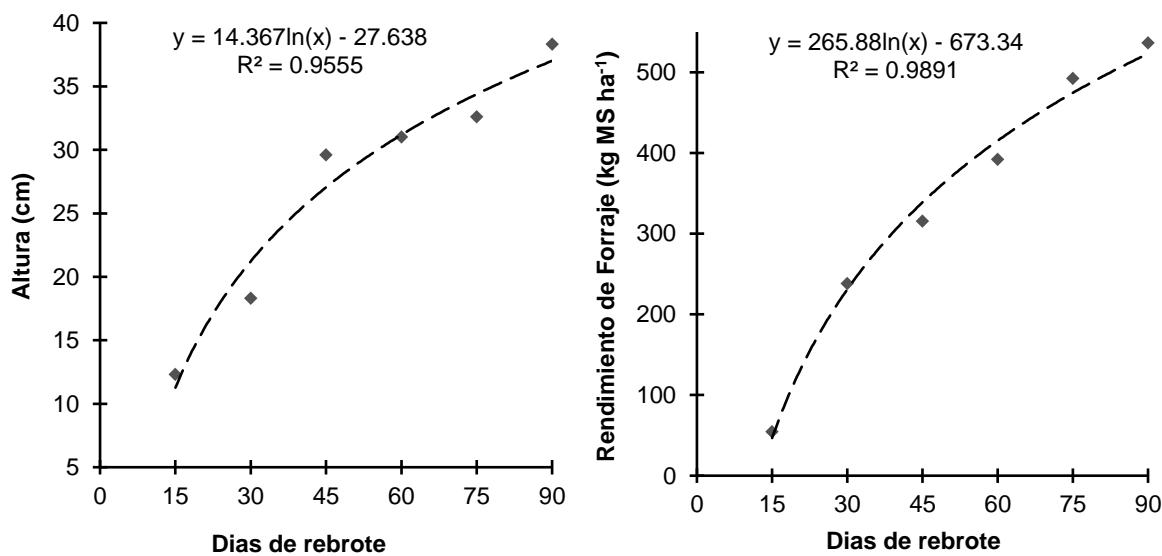


Figura 1. Altura de planta y Rendimiento de forraje de *Amelichloa clandestina* a diferentes semanas de rebrote posterior a un corte manual en la estación de verano de 2023.

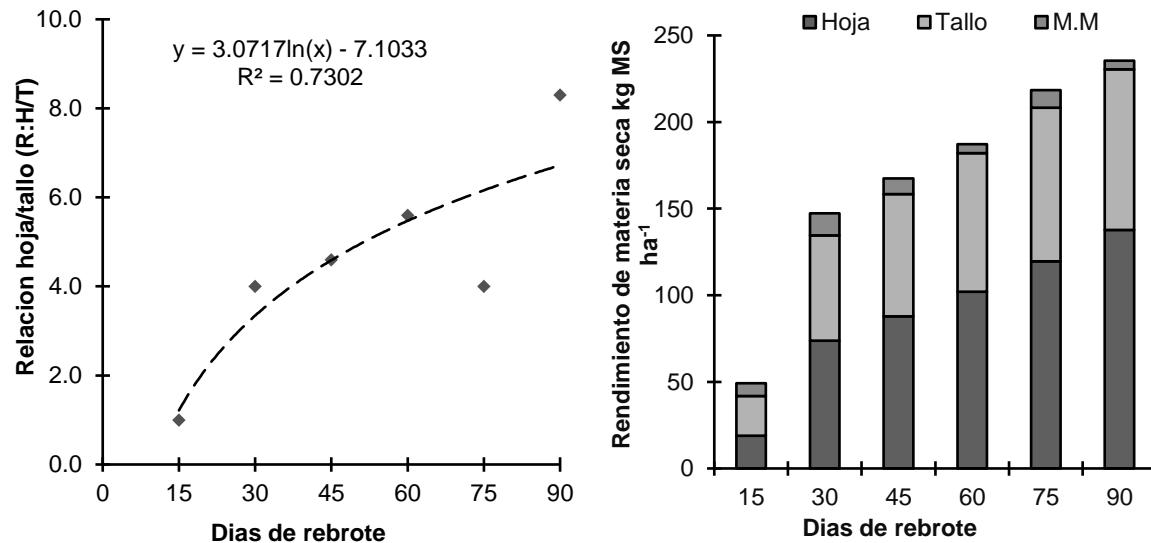


Figura 2. Relación hoja/tallo (R:H/T) y Composición morfológica de *Amelichloa clandestina* a diferentes semanas de rebrote posterior a un corte manual en la estación de verano de 2023.

Conclusiones

Los rendimientos de materia seca y la altura de *Amelichloa clandestina* aumentan durante el rebrote, alcanzando su máximo a los 90 días. Con el tiempo, la hoja se convierte en el principal componente del rendimiento total. Estos hallazgos son cruciales para el manejo ganadero regional, especialmente en verano, dada la importancia de la humedad para un crecimiento óptimo.

Referencias bibliográficas

1. Blair, J., Nippert, J., Briggs J. 2014. Grassland ecology. En R. K. Monson (ed.), *Ecology and the environment* (pp. 389-423). Springer Science. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7501-9_14
2. Domínguez-Escudero, J.M.A., Iglesias-Gómez, J.M., Olivera-Castro, Y., Milera-Rodríguez, M de Ca., Pérez, O.C.T.H., Wencomo-Cárdenas, B. 2021. Caracterización del pastizal y su manejo en un sistema de pastoreo racional Voisin, en Panamá. *Pastos y Forrajes*, 44, eE19.
3. Herrera-Corral, J., Herrera-Arrieta, Y., Carrete-Carreón, F.O., Almaraz-Abarca, N., Naranjo-Jiménez N., González-González, F., 2011. Cambio en la población de gramíneas en un pastizal abierto bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. *Interciencia*, 36(4), 300-305.
4. Juanes, M. S., Álvarez V.P., Encina, D.J., Mellado, B.M., García, M.J., Flores-Naveda, A. 2022. Response to cutting and herbicide treatment of Mexican needlegrass (*Amelichloa clandestina*) in northeastern Mexico. *Fresenius Environmental Bulletin*. 31. 8663-8672.
5. Kramberger, B., Gselman, A., Podvršnik, M., Lešnik, M., & Škorjanc, D. 2014. Effects of low precipitation periods on the herbage yield of mesic semi-natural grasslands under different cutting regimes. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101, 11-18. <https://doi.org/10.13080/Z-A.2014.101.002>

PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y CONTENIDO MINERAL EN PASTO BUFFEL (*Pennisetum ciliare* L.) BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL Y RIEGO SUPLEMENTARIO.

Raúl Ávalos-Castro^{1*}, José Denis Osuna-Amador¹

CIRNO-Campo Experimental Todos Santos, INIFAP¹

*Autor para correspondencia: avalos.raul@inifap.gob.mx

Palabras clave: Forraje, pasto Buffel

Introducción

El pasto buffel (*Pennisetum ciliare* L.), es una gramínea perenne apetecible para el ganado que por su fácil establecimiento y rápido crecimiento, además de tolerancia a la sequía y al pisoteo, es considerada como una de las especies forrajeras más importantes introducidas en México (Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2020). La utilización de este pasto para el establecimiento de praderas de temporal se popularizó en México en las décadas de los 60's y 70's (Brenner, 2010), mismo periodo en el que se establecieron 17,500 ha en Baja California Sur (Silva, 2013).

El agua es el factor más limitativo de la producción de forrajes en las zonas áridas y semiáridas (Heydarzadeh *et al.*, 2023), aunada al cambio climático y la demanda en aumento de agua por diversos sectores han comprometido la producción. La evaluación de genotipos tolerantes a sequía y la implementación de la irrigación suplementaria, esto es, la adición de cantidades limitadas de agua, para incrementar la producción de las plantas en condición de temporal han sido estrategias evaluadas en regiones áridas (Nangia y Oweis, 2016; Saadat *et al.*, 2021; Ghalkani *et al.*, 2023); se ha reportado que la irrigación suplementaria favorece el rendimiento forrajero, aumenta el contenido de fibras y el contenido de minerales, mientras que reduce la digestibilidad del forraje, contenido de proteína cruda y energía (Ramírez, 2007; Kunrath *et al.*, 2018; Farhadi *et al.*, 2021).

Baja California Sur, entidad con la menor precipitación anual en México (<200 mm año⁻¹), con suelos predominantes de textura arenosa y baja materia orgánica carece de trabajos que evalúen la respuesta de pasto buffel en diferentes sistemas de producción con disponibilidad hídrica variante.

Objetivo

Determinar la influencia del sistema de producción (temporal vs riego suplementario) sobre el rendimiento forrajero y contenido mineral en genotipos de pasto buffel establecidos en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur, México.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Valle de Santo Domingo del INIFAP, en el municipio de Comondú, Baja California Sur, México, localizado en 25° 00'36'' latitud Norte y 111°39'49'' longitud Oeste a una altitud de 48.3 msnm. El clima en el sitio es muy seco, las lluvias son escasas (< 200 mm al año) y se presentan principalmente en verano. La temperatura promedio en el sitio es de 22° C, mientras las más altas alcanzan un promedio de 35° C (julio a agosto), mientras que, las más bajas se presentan en enero con un promedio de 9° C (CONAGUA, 2022).

El experimento se estableció en suelo franco arcillo arenoso el 28 de agosto de 2019 utilizando un diseño de bloques completamente al azar con seis replicas y con arreglo en parcelas divididas, considerando como parcela grande el sistema de producción (temporal vs riego suplementario), mientras que la parcela chica consideró genotipos (líneas experimentales As-245, Bu-42, Bu-45, Bu-66, Bu72 y la variedad Titán). El promedio de precipitación observado durante el estudio fue de 173 mm en temporal (T) (CONAGUA, 2020). La parcela con riego suplementario (RS) recibió 200 mm adicionales. La superficie total utilizada para cada genotipo fue de 72 m². La siembra se realizó al boleo, utilizando la dosis de 5 kg ha⁻¹ y tapando la semilla con rastrillo.

Rendimiento de materia seca. Para la cosecha dentro de cada parcela se consideró una superficie de 12 m². El corte se realizó en la etapa fenológica de floración a una altura de corte de cinco centímetros sobre el nivel del suelo. Las variables evaluadas fueron rendimiento de materia seca, en t ha⁻¹. Las muestras se secaron hasta peso constante y una submuestra fue tomada para determinar nitrógeno total, así como contenido de macro y micro minerales.

Contenido de nitrógeno y minerales. El contenido de nitrógeno total se determinó con la técnica de Micro Kjeldahl (AOAC, 1990). La concentración de fósforo fue estimada por colorimetría (Díaz-Romeau y Hunter, 1988), mientras que Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ y los microminerales Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} y Fe^{2+} se utilizó el procedimiento de cenizas húmedas (HCl-HNO₃) donde a partir de las cenizas obtenidas después de la incineración de las muestras a 550 °C por 6 h fueron determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica con un espectrofotómetro Varian modelo 3000 con una flama aire/acetileno. Todos los minerales fueron transformados y expresados como porcentaje de la materia seca. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza (PROC GLM) y comparación de medias (Tukey, $p<0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS (2014).

Resultados y discusión

Entre sistemas de producción, riego suplementario generó un mayor rendimiento de materia seca y concentración ($p<0.05$) de cenizas, nitrógeno, calcio, magnesio, sodio y fierro (Cuadro 1); fósforo, potasio, zinc, manganeso y cobre aun cuando no presentaron diferencia estadística ($p>0.05$) también estuvieron en mayor proporción en el forraje cosechado en el sistema de riego suplementario. En relación a genotipos los mejores ($p<0.05$) en rendimiento de materia seca fueron Titán, Bu-72, As-245 y Bu-66 alcanzando valores entre 3.64 y 4.69 t ha⁻¹ como promedio del corte. En relación al contenido de nitrógeno total y minerales entre genotipos, solo se presentó diferencia ($p<0.05$) en el contenido de zinc (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca (RMS), contenido de nitrógeno total (NT) y minerales en genotipos de pasto buffel producidos en temporal (T) y con riego suplementario (RS).

Var	Sistema de producción			Genotipo					
	RS	T	%*	Titán	As-245	Bu-42	Bu-45	Bu-66	Bu-72
RMS	4.58a	2.56b	55.8	4.69a	3.79ab	2.77b	2.49b	3.64ab	4.03a
Cen	16.55a	13.58b	82.0	15.71a	14.05a	15.21a	14.80a	14.78a	15.82a
NT	1.45a	1.07b	73.7	1.27a	1.63a	1.07a	1.24a	1.10a	1.19a
P ⁵⁺	0.23a	0.17a	73.9	0.23a	0.14a	0.24a	0.26a	0.17a	0.16a
K ⁺	3.68a	3.28a	89.1	4.48a	3.18a	3.20a	2.83a	3.05a	4.16a
Ca ²⁺	0.41a	0.19b	46.0	0.49a	0.22a	0.28a	0.31a	0.25a	0.28a
Mg ²⁺	0.29a	0.18b	62.0	0.34a	0.21a	0.20a	0.22a	0.21a	0.23a
Na ⁺	0.08a	0.03b	37.5	0.05a	0.05a	0.06a	0.06a	0.06a	0.06a
Mn ²⁺	0.00853a	0.00676a	79.2	0.00749a	0.00574a	0.00852a	0.00715a	0.00763a	0.00933a
Cu ²⁺	0.00092a	0.00062a	68.0	0.00085a	0.00119a	0.00056a	0.00060a	0.00059a	0.00085a
Fe ²⁺	0.05256a	0.02506b	47.6	0.05040a	0.03343a	0.03271a	0.05047a	0.03140a	0.03450a
Zn ²⁺	0.00144a	0.00130a	90.1	0.00129ab	0.00121b	0.00157ab	0.00187a	0.00108b	0.00122b

Var= variable. abc = diferentes literales entre valores medios dentro de una misma variable entre sistemas de producción y genotipos indican diferencia significativa (Tukey $p\leq 0.05$); RMS= rendimiento de materia seca (t ha⁻¹). Cen= Cenizas. NT= nitrógeno total. Ca²⁺ = calcio. P⁵⁺ = fósforo. Mg²⁺ = magnesio. K⁺ = potasio. Na⁺ = sodio. Zn²⁺ = zinc. Mn²⁺ = manganeso. Cu²⁺ = cobre. Fe²⁺ = fierro. *= Porcentaje de la variable en la condición de temporal con respecto a la misma variable en riego suplementario. NT, Cen, macro y micro minerales se expresaron como porcentaje de la materia seca.

Los minerales que más extrajeron las plantas, independientemente del sistema de producción (Cuadro 1), fueron el potasio (3.28 - 3.68 %), seguido del nitrógeno total (1.07 – 1.45 %), calcio (0.19-0.41 %), magnesio (0.18 – 0.29 %) y fósforo (0.17 – 0.23 %). Los resultados encontrados concuerdan con los reportado por Kunrath *et al.* (2018) y Farhadi *et al.* (2021), quienes reportaron que la irrigación suplementaria favoreció el rendimiento de forraje y el contenido de minerales.

El nitrógeno es el elemento que más limita el crecimiento de las plantas forrajeras, especialmente las gramíneas; tiene gran importancia en la producción de materia seca e influye en el contenido de proteína cruda y digestibilidad de los pastos. Por otra parte, al madurar las plantas, el contenido de minerales disminuye debido a un proceso normal de dilución y a la translocación de los nutrientes a la raíz (Rojas y Rovalo, 1986). Los elementos potasio, magnesio, sodio y cobre disminuyen su concentración en forma directamente proporcional con la maduración de la planta (Underwood y Suttle, 1999).

Conclusiones

El riego suplementario mejoró el rendimiento de materia seca e incrementó la concentración de nitrógeno total y el contenido de minerales. Potasio y nitrógeno fueron los elementos que en mayor proporción se extrajeron, principalmente en el sistema de riego suplementario, esto como consecuencia del mayor rendimiento de materia seca. La irrigación suplementaria mejora la respuesta productiva de la planta, pero es necesario favorecer la fertilidad del suelo (disponibilidad de macro y micro nutrientes), lo que se puede mejorar a través de rotación de cultivos (leguminosas), incorporación de residuos de cosecha, aplicación de estiércol, utilización de compostas, o a través del uso de fertilizantes sintéticos. Se recomienda considerar en el sistema de producción un balance de minerales, donde la cantidad de elementos a proveer a la pradera sea la diferencia de la extracción del cultivo menos los suministros del suelo y el agua de riego, y considerando un factor ligado a la eficiencia de aplicación.

Referencias bibliográficas

1. AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15 th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
2. CONAGUA. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero santo Domingo (0306), Estado de Baja California Sur. [Consultado enero 2022]. 2018. Disponible en: https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/BajaCaliforniaSur/DR_0306.pdf
3. Díaz-Romeau, R.A., Hunter, P. 1988. Methodology for Sampling Soils and Tissues. CATIE, Turrialba, Costa Rica, Mimeo No. 1, pp. 26-28.
4. Farhadi, A., Paknejad, F., Golzardi, F., Ilkaee, M. N., & Aghayari, F. (2022). Effects of Limited Irrigation and Nitrogen Rate on the Herbage Yield, Water Productivity, and Nutritive Value of Sorghum Silage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53(5), 576–589. <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.2017959>
5. Heydarzadeh, S., Jalilian, J., Pirzad, A., & Jamei, R. (2023). Impact of Bio-fertilizers under Supplementary Irrigation and Rain-fed Conditions on Some Physiological Responses and Forage Quality of Smooth Vetch (*Vicia dasycarpa* L.). *Journal of Agricultural Sciences*, 29(3), 777-787.
6. Kunrath, T. R., Lemaire, G., Sadras, V. O., & Gastal, F. (2018). Water use efficiency in perennial forage species: Interactions between nitrogen nutrition and water deficit. *Field Crops Research*, 222, 1-11.
7. Nangia, Vinay & Oweis, Theib. (2016). Supplemental Irrigation: A Promising Climate-resilience Practice for Sustainable Dryland Agriculture. 10.1007/978-3-319-47928-6_20.
8. Ramírez L.R. 2007. Los pastos en la nutrición de los rumiantes. 1^a Ed. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. Pp: 137-171.
9. Rojas, M. y Rovalo, M. 1986. Fisiología vegetal. Editorial McGrawHill. México. P. 115.
10. Saadat, B., Pirzad, A., & Jalilian, J. (2021). Yield-related biochemical response of understory mycorrhizal yellow sweet clover (*Melilotus officinalis* L.) to drought in agrisilviculture. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(12), 1603-1620.
11. Sánchez-Gutierrez, R. A., J. Hanson, C. Jones, P. Jurado-Guerra, E. Santellano-Estrada, A. Melgoza-Castillo, C. Morales-Nieto. 2020. Morphological characterization of buffelgrass with potential for forage and seed production. Rev. Fitotec Mex. 43(3): 343-347.
12. SAS. 2014. SAS – Statistical Analysis Software for Windows ver. 9.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.
13. Underwood, E.J. y Suttle, N.F. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3^a ed. CAB International, Wallingford, p.600.

EFECTO DEL USO DE ADITIVOS EN EL CONTENIDO DE TANINOS EN ENSILADOS DE SORGO.

Alejandro Adelaido Morales-Cruz^{1*}, Karla Galván-Camacho¹, Jesús Israel Vega-García², Aurora Sainz-Ramírez¹, Felipe López-González¹ y Carlos Manuel Arriaga-Jordán¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, 50090 Toluca, Estado de México, México

²Universidad Politécnica del Valle de Toluca (UPVT), Carretera Toluca-Almoloya de Juárez km 5.6, Santiago Tlalcilalcalli, 50904 Almoloya de Juárez, Estado de México, México

*Autor para correspondencia: alexademor@gmail.com

Palabras clave: Forrajes, alimentación y metabolitos secundarios.

Introducción

Los taninos son metabolitos secundarios que la planta genera cuando atraviesa por un periodo de estrés (por ejemplo, falta de agua, iluminación, presencia de plagas, entre otros) como mecanismos de defensa, siendo así un proceso de adaptación que asegura el desarrollo de la especie. Son compuestos polifenólicos presentes en diversas leguminosas forrajeras de regiones templadas y tropicales. Los taninos se caracterizan por formar en conjunto con las proteínas complejos reversibles. Se agrupan en hidrolizables y condensados. La concentración de estos metabolitos secundarios en las plantas determina los efectos en los animales que las consumen. Los taninos tienen propiedades astringentes que reaccionan con la salivación, pudiendo disminuir el consumo, la digestión y el crecimiento. Diversos estudios han permitido conocer y emplear las propiedades de estos compuestos. Además, los taninos influyen sobre la flora ruminal, alterando los patrones de fermentación, reduciendo la protección de metano; por lo tanto, el consumo de plantas ricas en taninos puede reducir la huella ambiental de la ganadería.

El sorgo es una gramínea anual de origen tropical, que tiene la capacidad de detener su crecimiento cuando el contenido de humedad en el ambiente no es el adecuado, y retomarlo cuando las condiciones favorables se vuelvan a presentar. A través de años de selección genética se ha logrado adaptar a una gran variedad de climas.

El uso de aditivos en el ensilaje tiene como objetivo optimizar la fermentación, conservación y el valor nutricional del forraje resultante y con ello elevar la calidad de la alimentación del ganado. Además, tienen la capacidad de evitar una fermentación deficiente por el contenido mayor o menor de azúcares solubles y de favorecer el crecimiento de bacterias deseables.

Objetivo

Determinar el efecto del uso de aditivos en el contenido de taninos en ensilado de sorgo, cortado en la etapa fenológica 8 (135 días) adicionado con urea y con inóculo bacteriano.

Materiales y métodos

El trabajo no involucró experimentación con animales, se realizó de acuerdo con los lineamientos aceptados por la Universidad Autónoma de Estado de México. Se realizaron micro-silos de laboratorio en tubos de PVC con fundas de plástico negro con capacidad de 2.5 L, siguiendo la metodología descrita por Sainz-Ramírez (2020). Se cosechó el forraje de sorgo a los 135 días después de la siembra, y las muestras fueron procesadas en una picadora de forraje a un tamaño de partícula de 2.0 a 3.0 cm.

Se realizaron cinco micro-silos (repeticiones) por tratamiento con los siguientes aditivos: Control: control sin aditivos; Inóculo: inóculo bacteriano a la dosis de 1×10^5 ufc/g de forraje fresco (recomendada por el fabricante), Urea: urea al 2% de peso fresco del forraje.

Los micro-silos se mantuvieron cerrados por 95 días, y el forraje resultante se pesó inmediatamente después de su apertura. Posteriormente se midió pH, presencia de colonias de hongos y el diámetro de las mismas, también se midieron los efluentes. Se tomaron muestras que se secaron en una estufa de aire forzado a temperatura constante de 55° C por 72 horas, se determinó la materia seca (MS); se molieron las muestras en un molino Pulvex, con criba de 1mm. Se determinaron los siguientes parámetros de composición química de los ensilados: Cenizas, por el método de incineración a 550° C; proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl; fibra detergente neutro (FDN) con adición de alfa-amilasa y fibra detergente ácido (FDA) según la metodología de micro bolsas, y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica mediante un método enzimático (Onozuka) utilizando un incubador Ankom Daisy II; el pH del ensilado se determinó

con un electrodo de pH. Para la determinación de taninos se siguieron los procedimientos descritos por Makkar *et al.* (2007) obteniendo los resultados en g/kg de MS de fenoles en términos de fenoles no tánicos, taninos totales y taninos condensados.

Resultados

El Cuadro 1 presenta los resultados de composición química del ensilado de sorgo con los diferentes aditivos, se observan diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para las variables de MS, PC, FDN, presencia y diámetro de colonias de hongos.

Cuadro 1. Composición química, pH, presencia de hongos en el ensilado de sorgo con diferentes tratamientos (g/kg MS)

Variable	Control	Inóculo	Urea	EEM	P
Materia Seca	288.71 ^a	280.66 ^a	257.42 ^b	12.033	<0.001
Materia Orgánica	915.39	918.82	917.66	2.033	0.839
Proteína Cruda	75.03 ^a	75.34 ^a	108.55 ^b	1.930	<0.001
Fibra Detergente Neutro	585.70	598.80	592.85	6.417	0.554
Fibra Detergente Ácido	432.08 ^a	452.52 ^b	460.74 ^c	4.030	<0.001
Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la materia orgánica	781.51	790.94	787.63	3.297	0.980
pH	4.65	3.94	5.80	0.194	0.179
Colonias de Hongos	1.00 ^b	0.80 ^a	1.00 ^b	0.117	<0.05
Diámetro colonias de hongos	10.00 ^c	3.20 ^a	6.00 ^b	1.143	<0.01

EEM: Error Estándar de la Media. P: Probabilidad estadística.

Los tratamientos con aditivos presentaron mayor contenido de FDN y el tratamiento inóculo redujo la presencia de hongo. Ambos aditivos disminuyeron significativamente el diámetro de las colonias de hongos.

El Cuadro 2 presenta el contenido de metabolitos secundarios, donde se observa que en todas las variables se presentaron diferencias significativas ($P < 0.001$), siendo la urea el aditivo que modificó el contenido de metabolitos secundarios, disminuyendo su concentración.

Cuadro 2. Contenido de metabolitos secundarios (g/kg MS).

Variables	Control	Inóculo	Urea	EEM	P
Fenoles totales	14.157 ^b	15.320 ^b	8.100 ^a	1.120	<0.001
Fenoles no tánicos	4.910 ^b	5.240 ^b	3.837 ^a	0.213	<0.001
Taninos totales	9.240 ^b	10.080 ^b	4.263 ^a	0.910	<0.001
Taninos condensados	0.170 ^b	0.146 ^b	0.080 ^a	0.013	<0.001

EEM: Error Estándar de la Media. P: Probabilidad estadística.

Discusión

Xie *et al.*, (2023) reportaron Fenoles Totales de 8.1 g/kg de MS en grano de sorgo, siendo inferiores a los encontrados en este trabajo, a pesar de que en el grano es donde se encuentran la mayor concentración de fenoles y taninos en la planta. Además, se observó el efecto de la urea sobre el contenido de taninos. Montiel *et al.* (2012) reportaron que adicionar 2% de urea al grano de sorgo redujo hasta en 70% el contenido de taninos, y en este experimento se observó que se redujo en 46% la cantidad de taninos totales.

Conclusiones

Adicionar el ensilado de sorgo con 2% de urea disminuye el contenido de fenoles y taninos, pero aumentó el contenido de proteína cruda ante la adición de nitrógeno no proteico; y disminuyó el diámetro de las colonias de hongos.

El inóculo bacteriano no tuvo un efecto significativo en la composición química o en el contenido de taninos, pero si en reducir el número de colonias de hongos y su diámetro; indicando la inhibición a su crecimiento y proliferación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico para Aurora Sainz-Ramírez para realizar una estancia posdoctoral y por el apoyo a los investigadores del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII).

Fuente financiadora

Este trabajo se realizó gracias al financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM 6788/2023-CID).

Referencias bibliográficas

1. Lustre Sánchez, H. (2022). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. Revista Digital Universitaria, 23 (2). <https://doi.org/10.22201/cuaied.16076079e.2022.23.2.10>
2. Makkar, H.P.S., Siddharaju, P., and Becker, K. (2007). Tannins. Chapter 13. Plant Secondary Metabolites. Methods in Molecular Biology 393. Humana Press, Totowa, New Jersey, 67- 81.
3. Montiel, M.D., Elizalde, J.C., Santini, & Giorda, L.. (2012). Desactivación de taninos en grano húmedo de sorgo con polietilenglicol o urea. Archivos de Zootecnia, 61(234), 235-244. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922012000200008>
4. Sainz-Ramírez, A., Botana, A., Pereira, S., González, L., Veiga, M., Resch, C., Valladares, J., Arriaga-Jordán, C., Flores, G., 2020. Efecto de la fecha de corte y el uso de aditivos en la composición química y calidad fermentativa del ensilado de girasol. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 11(3), 620- 637. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5092>
5. Xie B; Changfa M; SheN X; Liu Y; Liang O; Zhao G. 2023. Inclusion of sorghum grain rich in condensed tannins in the diet of steers did not affect the nitrogen utilization efficiency but increased the urine nitrous oxide emissions. Journal of Integrative Agriculture. doi:10.1016/j.jia.2023.11.035.

RENDIMIENTO DE *Amelichloa clandestina* DURANTE 18 MESES POSTERIOR A UN PASTOREO INTENSIVO NO SELECTIVO.

Fabián Hervet-Cruz^{1*}, Perpetuo Álvarez-Vázquez², Sait Juanes-Márquez³, José Eduardo García-Martínez², Juan Antonio Encina-Dominguez², Josué Israel García-López².

¹Estudiante de Maestría en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

³Estudiante de Doctorado en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México.

*Autor para correspondencia: fabianher_11@outlook.es

Palabras clave: *Amelichloa clandestina*, rendimiento de forraje, pastoreo.

Introducción

La especie *Amelichloa clandestina*, denominado zacate picoso es un tipo de zacate que cubre áreas agrícolas abandonadas ya que tiene una gran capacidad de colonizar terrenos abandonados se ha identificado su presencia en la región sureste del estado de Coahuila, considerada una especie endémica de la región, sin embargo, por su rusticidad se dificulta su uso mediante un sistema de pastoreo tradicional (Juanes-Marquez, 2021). El pastoreo se posiciona como una opción estratégica en la gestión de ecosistemas de pastizales dentro del sector ganadero. Esta metodología requiere un análisis detallado de la periodicidad y la intensidad del pastoreo a lo largo de diferentes estaciones del año, con el objetivo de evaluar su efecto sobre el rendimiento, el crecimiento y la resiliencia de la vegetación herbácea (Borda Correa & Bustamante García, 2017). El análisis de crecimiento es una técnica utilizada para identificar diferencias fisiológicas entre variedades o genotipos de una misma especie. En tiempos recientes, esta metodología ha cobrado gran importancia en la caracterización y selección de genotipos, con el objetivo de evaluar su potencial forrajero y cumplir con sus requisitos específicos (Álvarez Holguín et al., 2017). La determinación de la materia seca es una técnica esencial para cuantificar la cantidad de forraje presente en una ubicación específica. Este proceso se puede realizar en función de los días posteriores a la emergencia de las plantas o los meses después del rebrote (MDR). La cantidad de materia seca obtenida se puede correlacionar con diversos factores, como los tipos de suelo en los que crece el forraje, el intervalo de tiempo permitido antes de la toma de muestras MDR, y la altura que puede alcanzar el forraje en ese período (Assis et al., 2023).

Objetivo

Determinar la capacidad de rebrote del zacate picoso posterior a un pastoreo intensivo no selectivo, realizado en la estación de invierno e identificar durante 18 meses después del rebrote el punto máximo de materia seca para su aprovechamiento.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el rancho “Los Ángeles”, propiedad de la Universidad Autónoma Antonio Narro (UAAAN), ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila, México, entre las coordenadas 26° 06' LN y 101° 06' LO. La altitud es de 2100 m en los valles y 2400 en áreas de los cerros. Cuenta con un clima semiárido con lluvias en verano y una precipitación invernal. El área de estudio fue un pastizal de aproximadamente 54.6 ha, de la cual se utilizó un área experimental dividida en 3 parcelas (repeticiones) de 10 x 60 m (600 m²), las cuales se perturbaron mediante pastoreo con una alta carga animal de 350 UA h⁻¹ durante 48 hrs o a disponibilidad de forraje. El periodo experimental inicio en la estación de invierno en el mes de enero 2023 hasta el mes de junio 2024 dando así un descanso de 18 meses. Para la determinación del rendimiento de materia seca (RMS) y composición morfológica de zacate, durante 18 meses se llevó a cabo la recolección cuatro plantas de *A. clandestina* por repetición las cuales se colocaron en bolsas de papel para su posterior deshidratado en una estufa de aire forzado, la cual constó de una temperatura de 55 °C durante un tiempo de 72 horas a peso constante. La altura promedio del zacatal se llevó a cabo tomando 12 muestras al azar durante las 18 evaluaciones. Para determinar el efecto del mes de rebrote, se realizó un análisis de varianza con el software JMP Pro y una comparación de medias con la prueba Tukey ($p<0.05$).

Resultados y discusión

En la figura 1 se puede observar el incremento que tuvo el rendimiento de materia seca conforme pasaban los días después del rebrote, el rebrote obtuvo un rendimiento con una R^2 de 0.95 con una recta polinómica viendo la buena correlación de los factores. Se encontraron valores que van desde 3 kg MS ha⁻¹ en el primer mes hasta 1880 kg MS ha⁻¹ en el mes 16 siendo este el valor más alto obtenido además que en este mismo mes se puede notar un gran incremento a comparación con lo que se había venido incrementando pasando de 1038 kg MS ha⁻¹ a 1880 kg MS ha⁻¹ siendo un incremento de 842 kg MS ha⁻¹, posterior a este mes podemos observar un pequeño descenso en la producción de materia seca. A su vez podemos comparar que en este mismo tiempo (16 MDR) fue donde se obtuvo la altura mayor con un valor de 22 cm y posterior se ve un descenso de la altura.

Por otro lado, en la figura 2 podemos observar la composición morfológica del zacatal siendo la hoja la que mayores valores muestran lo cual es favorable debido a que es el órgano en el que aporte nutricional trae al ganado, siendo a los 16 MDR donde mayor cantidad de hoja se encuentra coincidiendo este con la altura máxima y con la mayor producción de materia seca, sin embargo, en estos rangos de igual manera es cuando se presenta la mayor producción de tallos. Los gráficos muestran un incremento en el rendimiento de los tallos y hojas de la *Amelichloa clandestina* a lo largo del tiempo de estudio. El crecimiento bajo en el primer mes se puede atribuir al inicio del rebrote de la planta posterior a la defoliación, ya que, estudios han demostrado que la velocidad de crecimiento de una planta puede variar dependiendo de la estación en la que se esté (Juanes-Marquez, 2021).

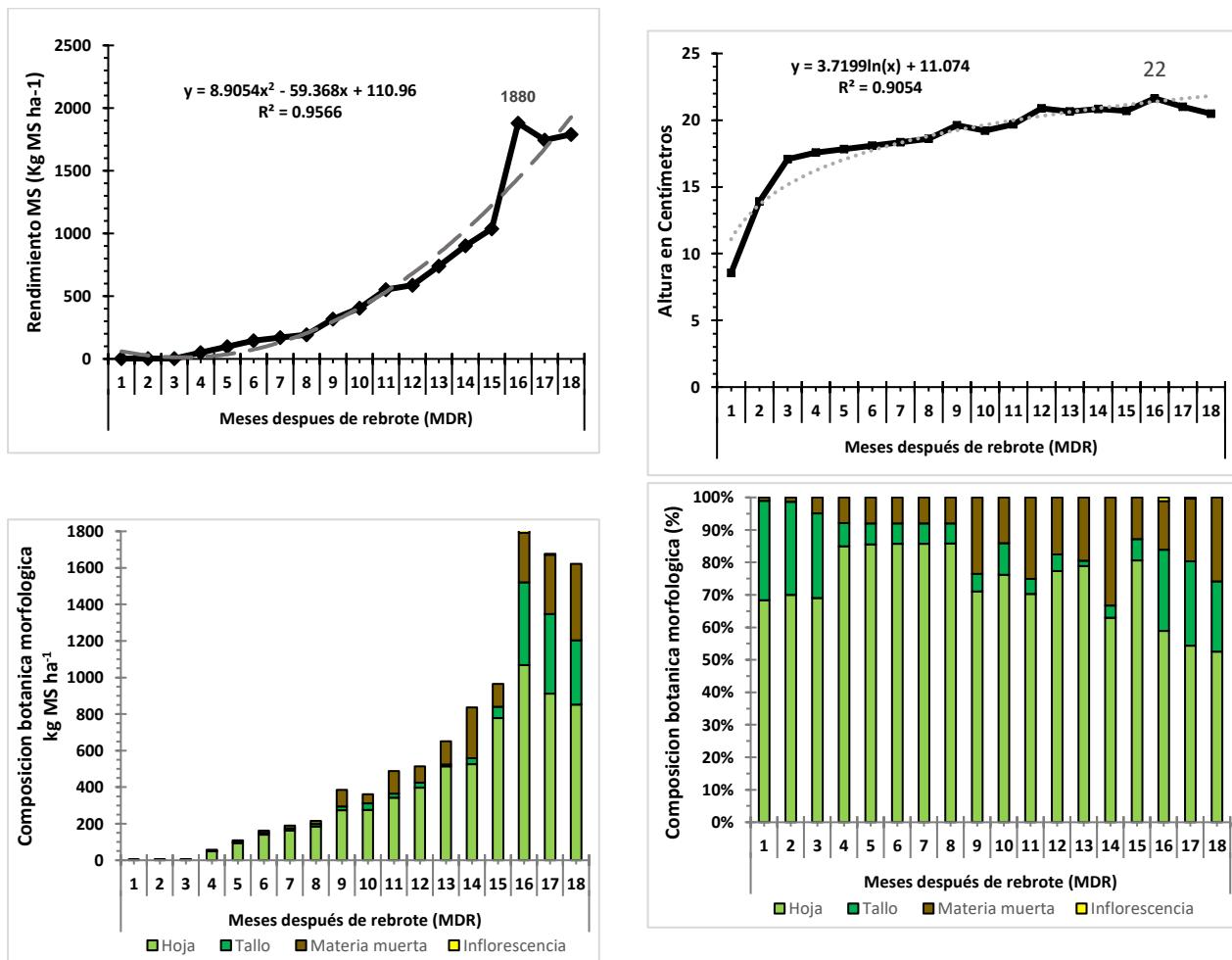


Figura 1. Rendimiento de forraje, altura y composición morfológica de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) a diferentes meses después de rebrote.

Conclusiones

El rendimiento de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) aumento conforme los MDR iban en aumento teniendo su punto máximo a los 16 MDR. Los puntos máximos registrados para hoja y tallo de igual modo fueron a los 16 MDR, es así que se logró observar que al mes 16 se obtuvo la mayor producción de este forraje por lo que se recomienda volver a realizar el pastoreo a los 16 meses después de rebrote tomando en cuenta los diversos factores para así obtener el máximo rendimiento además de conservar la calidad del forraje debido a que posterior de este tiempo la hoja disminuye y la materia seca incrementa.

Referencias bibliográficas

1. Álvarez Holguín, A., Morales Nieto, C. R., Corrales Lerma, R., Sierra Tristán, J. S., & Villarreal Guerrero, F. (2017). Análisis del crecimiento de cinco genotipos de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Mich.) Torr.], bajo condiciones de invernadero. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 11(1), 25–32. <https://doi.org/10.54167/tch.v11i1.167>
2. Assis, W. O. de, Santos, D. de F., Tenório, T. M., Soares, E. da costa, Bhatt, R., & Oliveira, M. W. de. (2023). Acumulación y asignación de materia seca y nutrientes en las braquiarias decumbes y ruziziens en un sistema intensivo de producción de forraje. *Revista Científica Multidisciplinaria Núcleo Do Conhecimento*, Vol. 02, 159–179. <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/agronomias/nutrientes-en-las-braquiarias>
3. Borda Correa, J. E., & Bustamante García, A. E. (2017). Implementación de un Sistema de Rotación de Pasturas en la Finca el Palmar [Corporación Universitaria Lasallista Facultad]. In *Facultad de ciencias Administrativas y Agropecuarias*. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10567/2383>
4. Juanes-Marquez, S. (2021). *Caracterización ecológica de un zacatal de Amelichloa clandestina (Hack.) Arriaga & Barkworth, donde se aplicó corte y herbicida en el rancho Los Angeles, Coahuila, México*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE *Lotus corniculatus* L. EN EL SURESTE DE COAHUILA MÉXICO, EN PRIMAVERA-VERANO.

Perpetuo Álvarez-Vázquez¹, Juan Alfredo Laureano-Ortiz^{2*}, Xóchitl Ruelas-Chacon¹, Juan Antonio Encina-Domínguez¹, José Eduardo García-Martínez¹, Sergio Iban Mendoza-Pedroza³

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315

²Postgrado en Ciencias de Producción Agropecuaria UAAAAN-UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila, México

³Colegio de Postgraduados, Km. 36.5, México 136 5, Montecillo, 56230 Montecillo, México.

*Autor para correspondencia: alfredo.uaaan@gmail.com

Palabras clave: producción estacional, rendimiento de forraje.

Introducción

Hoy en día existe una gran competencia en el ámbito agropecuario, en consecuencia, los productores deben utilizar los recursos forrajeros de forma más eficaz. En esta situación, *Lotus corniculatus* L. es una de las especies forrajeras que ha generado gran interés para ser utilizada a gran escala dentro de los sistemas de producción agropecuarios en diferentes áreas del mundo, debido a que es una especie no es exigente con las condiciones del suelo, además de crecer bien en suelos arenosos, arcillosos, pesados y algo alcalinos, soporta la sequía estival y las heladas suaves (García *et al.*, 2003). Respecto a la especie *L. corniculatus*, también es conocida como “pata de pájaro”, es una planta utilizada como alimento para rumiantes ya que promueve un aumento importante en la asimilación de aminoácidos esenciales, el porcentaje de ovulación y la formación de proteína láctea y lactosa (Jabbari *et al.*, 2024). A diferencia de otras leguminosas forrajeras comunes como *Medicago sativa* L. y/o *Trifolium repens* L., el género *Lotus*, originario de la cuenca mediterránea, está muy extendida por todo el mundo, y sus especies han evolucionado para soportar una amplia gama de presiones ambientales y tipos de suelo. Sin embargo, la producción de *L. corniculatus* en México, Álvarez-Vázquez *et al.* (2018) señala que la producción de biomasa de esta especie difiere de la observada en otras regiones del mundo y debe ser estudiada en diversos entornos ambientales.

Objetivo

Analizar el comportamiento productivo de *L. corniculatus* y la alfalfa durante las estaciones de primavera y verano.

Materiales y métodos

El experimento se realizó del 13 de marzo al 30 de octubre de 2021, periodo que comprendió a las estaciones de primavera y verano, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, (25° 23' LN y 101° 00' de LO, altitud de 1,783 m, clima templado semiseco, temperatura promedio de 18 °C y precipitación media anual de 340 mm). Se utilizó un área experimental con tres genotipos de *L. corniculatus* (226796, 232098, 255301) y la var. Premium de alfalfa utilizada como testigo, teniendo un área total de 108 m² constituida por 12 parcelas de 9 m², en un diseño completamente al azar con tres repeticiones para cada cultivar. Los muestreros se realizaron mediante cortes fijos definidos estacionalmente y por cultivar; 28 días para alfalfa y 35 en *Lotus* en primavera y verano. El rendimiento de forraje (RF) se determinó al cosechar el material vegetal disponible en un cuadro de 0.25 m² (50 x 50 cm), ubicados al azar en cada repetición, realizando el corte de planta a una altura de 5 cm sobre de suelo. El forraje obtenido en cada cultivar y repetición se colocó en bolsas de papel previamente identificadas, después se sometió a un proceso de secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C hasta obtener peso constante, de esta forma se obtuvo el peso de la materia seca parcial, con lo cual se determinó el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha⁻¹). Asimismo, para la estimación del rendimiento de los componentes botánico-morfológicos se utilizó una submuestra (10%) del forraje cosechado. Por último, con los resultados derivados de la composición morfológica de los componentes hoja y tallo en base seca, se realizó el cálculo para determinar la relación hoja/tallo, mediante la siguiente formula: R=H/T. Se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM de SAS (Statiscal Analysis System Versión 9.0 para windows), con una comparación de medias con la prueba Tukey ($p<0.05$).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta el rendimiento de forraje y la relación hoja:tallo de tres genotipos de *L. corniculatus* y la alfalfa, en ambas variables se registraron diferencias significativas ($p<0.05$) entre cultivares y estaciones. En promedio por estaciones, ambas estaciones fueron estadísticamente similares ($p>0.05$), sin embargo, el genotipo 226796 registró una mayor producción de forraje en verano, a diferencia del resto de cultivares los cuales tuvieron una producción similar en primavera y verano ($p>0.05$). Entre cultivares, la alfalfa y el genotipo 255301 registraron una mayor producción de materia seca ($p<0.05$) en primavera y promedio por cultivar, seguidos por el cultivar 232098 y con un menor rendimiento el genotipo 226796. Asimismo, se destaca la alfalfa en verano, donde su producción fue superior a los tres materiales de *L. corniculatus*. Respecto a la relación hoja:tallo, sin importar la estación, los genotipos de *Lotus* fueron superiores a la alfalfa con valores superiores a 2.5 en promedio, lo que indica más del doble en la producción de hoja respecto al tallo, en contraste la alfalfa solo registró una relación promedio de 1. La importancia de conocer la relación de hoja:tallo de una planta forrajera es crucial, porque esto ayuda a determinar con mayor precisión el nivel de defoliación o la intensidad de pastoreo que debe utilizarse en función del estado fenológico de la especie, también puede dar una estimación aproximada del contenido nutricional del forraje (Liendo *et al.*, 2019).

Las aportaciones de los componentes botánico-morfológicos al rendimiento de los cultivares se muestran en la Figura 1, la comparación de medias de los componentes no mostró diferencias entre estaciones ($p>0.05$), entre componentes la aportación estuvo dada por la siguiente tendencia hoja>tallo>maleza >material muerto ($p<0.05$), con 60.5, 33, 6 y 0.5 % respectivamente. En cuanto a otras investigaciones, Rojas-García *et al.* (2017) encontraron mismas tendencias, reportado hasta 59 % de hoja, así mismo menciona que la mínima o nula aportación de material muerto se debe que especies como forrajeras tiende a defoliar las hojas muertas. Entre cultivares el genotipo 226796 registró la menor cantidad de hoja con un promedio de 4164 kg MS ha⁻¹ entre las dos estaciones, en el resto de cultivares la hoja registró una aportación similar ($p>0.05$). En tallo (4817) y material muerto (99 kg MS ha⁻¹) la alfalfa superó a los cultivares de *L. corniculatus*. Finalmente los cultivares 226796 y 232098 fue en los que se registró una mayor cantidad de malezas con promedios de 844 y 831 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje y relación hoja:tallo de *L. corniculatus* y alfalfa cosechados en primavera y verano en el sureste de Coahuila, México .

Estaciones	Genotipos				Promedio	Sig.
	226796	232098	255301	Alfalfa		
RF						
Primavera	5507 ^{Bc}	8844 ^{Ab}	10316 ^{Aab}	11562 ^{Aa}	9057 ^A	***
Verano	7542 ^{Ac}	8832 ^{Ab}	9457 ^{Ab}	10967 ^{Aa}	9174 ^A	***
Promedio	6524 ^c	8838 ^b	9886 ^{ab}	11264 ^a		***
Sig.	**	ns	ns	ns	ns	
Relación hoja:tallo						
Primavera	3.1 ^{Aa}	3.1 ^{Aa}	3.2 ^{Aa}	1 ^{Ab}	2.6 ^A	***
Verano	2.5 ^{Aa}	2.0 ^{Ba}	2.5 ^{Aa}	1.3 ^{Ab}	2.1 ^A	***
Promedio	2.8 ^a	2.5 ^a	3.0 ^a	1.0 ^b		**
Sig.	ns	**	ns	ns	ns	

Medias con mismas letras mayúsculas en la misma columna y medias con las mismas literales minúsculas en la misma fila no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). RF = rendimiento de forraje. ** y *** = significativo. ns = no significativo.

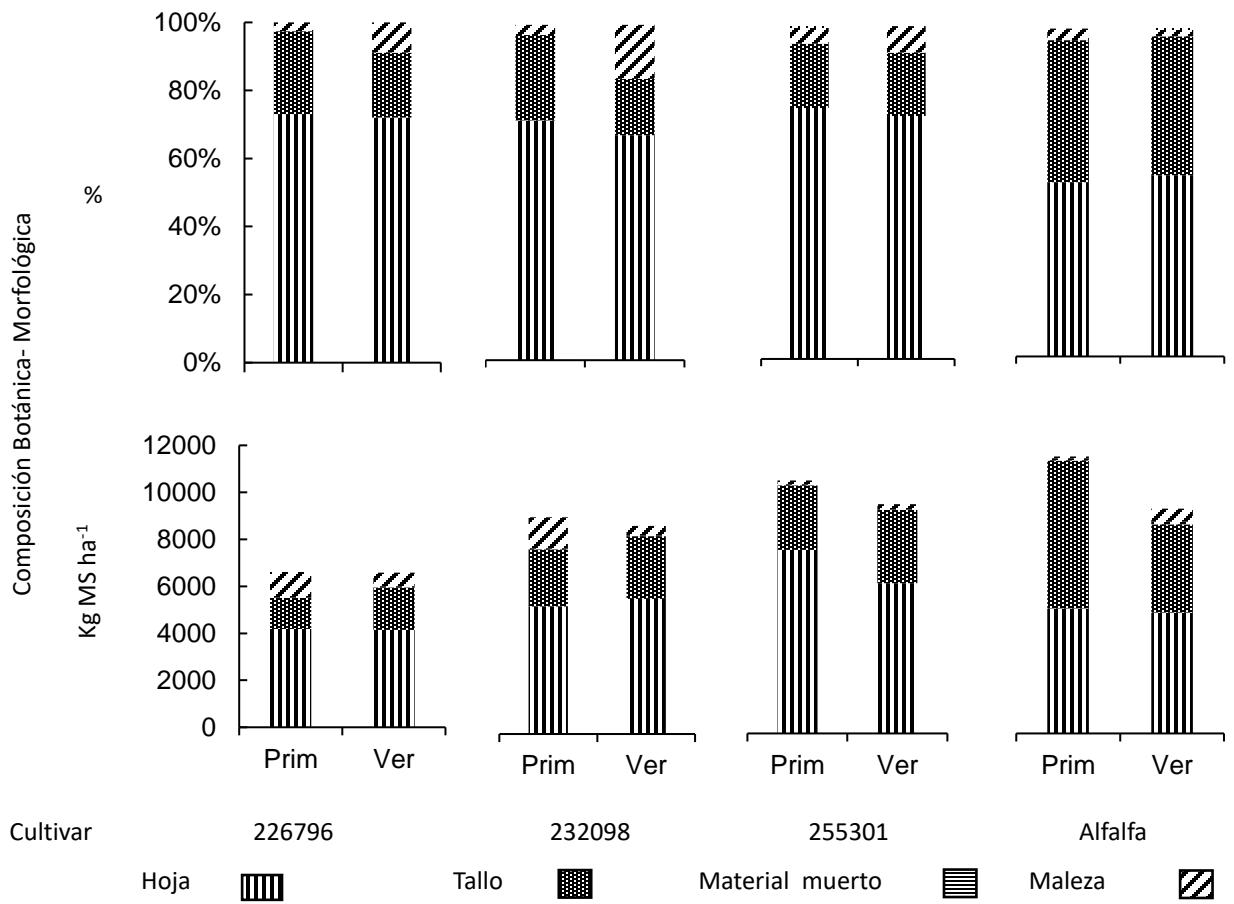


Figura 1. Composición botánica-morfológica de *L. corniculatus* y alfalfa cosechados en primavera (prim) y verano (ver) en el sureste de Coahuila, México.

Conclusiones

En las condiciones del estudio, se encontró que el genotipo 255301 de *L. corniculatus* puede alcanzar rendimientos de materia seca similares al de la alfalfa, donde la hoja es el componente que más aporta al rendimiento de los cultivos. Asimismo se registró una mayor relación hoja:tallo en *L. corniculatus*, respecto de al alfalfa.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Vázquez, P., García de los-Santos, G., Guerrero, J., Mendoza, S., Ortega, M. y Hernández-Garay, A. 2018. Comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* L. dependiente de la estrategia de cosecha. Agrociencia, 52(8), 1081-1093.
- García, D. L. S., y Jeffrey, J. 2003. Diversidad genética en *Lotus corniculatus* determinada por caracteres morfológicos y rapsds. Revista Fitotecnia Mexicana. 26(3), 173-18.
- Jabbari, S., Zakaria, Z., Ahmadimoghaddam, D. y Mohammadi, S. 2024. La administración oral de *Lotus corniculatus* L. atenúa los modelos de dolor agudo y crónico en ratas macho. Revista de Etnofarmacología, 319, 117181.
- Liendo, M., Coletti, A., Olea, L., Alegre, A., Suárez, L., Guerineau, M. y Toll Vera, J. 2019. Relación Hoja-Tallo en el estado fenológico de floración, en gramíneas naturales y cultivadas del Chaco Occidental Semiárido del departamento Trancas, Tucumán, Argentina. Revista agronómica del noroeste argentino, 39(1), 45-51.
- Rojas-García, A., Torres, S., Joaquín, C., Hernández-Garay, A., Maldonado, P. y Sánchez, S. 2017. Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Agrociencia, 51(7), 697-708.

CÁMARAS TRAMPA PARA EVALUAR DIVERSIDAD DE FAUNA DE RANCHOS EN LA REGIÓN PRIORITARIA DE PASTIZALES DE AMÉRICA DEL NORTE.

Carmelo Pinedo Álvarez^{1*}, Alicia Melgoza-Castillo¹, Marusia Rentería Villalobos¹ y Humberto Vega Mares¹

¹Cuerpo Académico Recursos Naturales y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua,

* Autor para correspondencia: cpinedo@uach.mx

Palabras clave: Biodiversidad, Shannon-Wiener, ganadería diversificada.

Introducción

Los pastizales semiáridos del estado de Chihuahua forman parte de los pastizales centrales de América del Norte, estos se extienden desde el centro-sur de Canadá hasta el centro de México (Gauthier *et al.*, 2003). Estos ecosistemas son invalables en el aprovechamiento de bovinos de carne bajo pastoreo, su valor ecohidrológico y una alta biodiversidad de especies de plantas y animales. No obstante, los pastizales en el estado presentan diversas amenazas (Royo *et al.*, 2008). El manejo inadecuado de la ganadería, la expansión de la agricultura, la urbanización, el cambio climático y la expansión por especies invasoras son las principales causas de degradación. Los impactos se denotan en la pérdida del estado de salud de los pastizales, en la disminución de su biodiversidad y diversos servicios ecosistémicos (IUCN, 2003). Debido al interés trinacional se debe brindar especial atención a las iniciativas ganaderas ubicadas en las Áreas Prioritarias para la Conservación de Pastizales. El Plan de Acción para la Conservación de los Pastizales del Estado de Chihuahua sugiere el monitoreo de salud del pastizal con evaluaciones periódicas mediante el uso de indicadores diversos (PACP-Ch, 2011). La diversidad de especies es uno de los indicadores que determinan la estabilidad, la productividad y la migración de especies de flora y fauna. Dentro de estos indicadores, el índice de Shannon-Wiener (H') indica el grado de equidad con el que están representadas las especies (en términos de abundancia) en relación al total de individuos muestreados (Pia, 2006). El uso de cámaras trampa y la búsqueda de rastros de mamíferos son métodos de monitoreo utilizados para conocer su diversidad y asegurar su conservación y buen manejo. Su abundancia y riqueza aseguran la funcionalidad de los ecosistemas de pastizal a largo plazo por lo que es necesario generar información sobre su composición y estructura. Para conocer el estatus ecológico de un rancho ubicado en una de las Regiones Prioritarias de Norteamérica, se estudió un predio ganadero con buen historial de manejo, acceso restringido a sus potreros y con gradientes fisiográficos que le confieren una diversidad de ambientes, suelos y climas. Los ecosistemas que mantienen una biodiversidad de especies nativas presenta una mayor resiliencia y, por lo tanto, están en mejores condiciones para hacer frente a un mundo cada vez más imprevisible (Marrón, 2001).

Objetivo

Determinar la biodiversidad de mamíferos en un rancho ganadero como parte de un indicador del estado de salud de pastizales.

Materiales y métodos

El estudio comprendió el periodo de junio del 2022 a enero de 2023 en un rancho ubicado en el municipio de San Buenaventura en el centro-norte del estado de Chihuahua. La actividad primaria del rancho es la producción de bovinos de carne bajo pastoreo. La biodiversidad de flora y fauna y su valor ecohidrológico se resalta al ubicarse dentro de la Región Prioritaria de Pastizales de América del Norte. En el rancho, tres cámaras trampa se colocaron cerca de agujas en tres tipos de vegetación: amacollado abierto, amacollado arborescente y bosque de encino. La diversidad de mamíferos se evaluó con base en: (1) riqueza, definida como la cantidad de diferentes taxones de mamíferos presentes en cada tipo de pastizal y (2) diversidad de Shannon-Wiener que representa la relación entre la riqueza de especies y la abundancia relativa de individuos. Este índice asume que estos dos factores influyen en la heterogeneidad de la comunidad. Los datos de las escenas de fotos se exportaron como archivos CSV a Excel para su análisis mediante $H' = -\sum pi \log pi$. (Weaver, 2010).

Resultados y discusión

Riqueza de Especies de Mamíferos y su Distribución (Ocupancia). En los 3 tipos de pastizal se identificaron todos los mamíferos a nivel de especie usando las fotos capturadas por cada cámara trampa. Se

observaron un total de 13 especies de mamíferos, incluidas 6 especies de carnívoros (Cuadro 1). El oso negro (*Ursus americanus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) tuvieron una alta ocupación en los bosques de encino (75 y 65% respectivamente). En cambio, el puma (*Felis concolor*) y el venado bura (*Odocoileus hemionus*) presentaron un grado de ocupancia entre el 60 y 69% en el pastizal amacollado arborescente. El oso y puma como predadores mayores minimizan la competencia al ocupar tipos de pastizal diferentes acordes también con las preferencias de sus presas, en este caso, el venado cola blanca y el venado bura. La riqueza de predadores y presas mantienen una adecuada relación interespecífica como un indicador de buena biodiversidad lo cual no afecta el ganado doméstico que se explota en el rancho.

Cuadro 1. Especies de mamíferos identificados a través de 3 tipos de pastizales

Taxa	Pastizal Amacollado Abierto	Pastizal Amacollado Arborescente	Bosque de Encino	Total
<i>Odocoileus virginianus</i>	2	8	18	28
<i>Odocoileus hemionus</i>	4	18	4	26
<i>Ursus americanus</i>	0	4	12	16
<i>Felis concolor</i>	2	7	3	12
<i>Pecari tajacu</i>	3	7	6	16
<i>Sus scrofa</i>	8	10	10	28
<i>Urocyon cinereargenteus</i>	2	4	4	10
<i>Lynx rufus</i>	2	6	4	12
<i>Mephitis mephitis</i>	4	8	10	22
<i>Canis Latrans</i>	20	10	4	34
<i>Lepus alleni</i>	16	12	4	32
<i>Sylvagus floridanus</i>	6	10	12	28
<i>Sciurus niger</i>	0	10	16	26

Diversidad de especies. Este estudio con cámaras trampa es de los pocos realizados en el corredor de los pastizales centrales de Chihuahua: por lo tanto, proporcionan una lista base de verificación completa de 13 especies de fauna grandes y pequeños (carnívoros y herbívoros) que se encuentran en un rancho ganadero sustentable y con características de alta biodiversidad. El índice de Shannon-Wiener presentó un valor de 2.7, que corresponde a un equilibrio en la diversidad de especies presentes en el rancho. La presencia de especies de fauna silvestre como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado bura (*Odocoileus virginianus*), oso negro (*Ursus americanus*), puma (*Puma concolor*), Gato montés (*Lynx rufus*), pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), jabalí europeo (*Sus scrofa*) representan una amplia riqueza de especies con un balance entre las mismas, lo cual indica un buen estado de salud de los recursos pastizales. Estas diversidades de especies proporcionan un lugar único para la observación y actividad cinegética.

El cuadro 2 presenta el índice de Shannon Wiener (H) para cada tipo de pastizal con cámara trampa. Los resultados sugieren que los tipos de vegetación tienen una diversidad alta de especies, con una ocupancia uniforme a pesar de que el valor ($H=2.19$) en el pastizal amacollado abierto tiende al límite de ocupancia en la clase media – baja ($H= 1.0 – 2.0$).

Cuadro 2. Índice de Shannon Wiener (H) para cada tipo de pastizal con cámara trampa

Tipo de Pastizal	H'
Bosque de encino	2.78
Pastizal amacollado arborescente	2.66
Pastizal amacollado abierto	2.19
Shannon Wiener (H) general	2.6



Conclusiones

Los valores del índice de Shanon-Wiener mostraron una alta diversidad de fauna para la superficie del rancho como para cada uno de los tipos de pastizal. Estos valores pueden utilizarse como indicadores del buen estado de salud de los pastizales que contribuye a su productividad forrajera e indicadores productivos del ganado y en general mantener servicios ecosistémicos. El rancho estudiado es un rancho de las regiones semiáridas que permanecen en buen estado de salud ecológica y un sustentador de las regiones prioritarias de pastizales en consideración a que tanto la ganadería como la vida silvestre dependen de pastizales intactos y bien administrados.

Referencias bibliográficas

1. Gauthier, D., A. Lafón, T. Toombs, J. Hoth y E. Wiken. 2003. Grasslands: Towards a North American Conservation Strategy. University of Regina & Commission for Environmental Cooperation, Montreal. 99. www.cec.org/pubs_docs/documents/index.
2. IUCN. United Nations list of protected areas. IUCN, WCPA, UNEP y UNEP-WCMC. 2003. www.iucn.org/about/union/commissions/wcpa/wcpa_puball/?2256/2003-United-Nations-list-of-protected-areas.
3. Marrón, J.H. 2001. Mamíferos en laderas de montañas: patrones altitudinales de diversidad. Biogeogr. Ecológico Global. 10: 101–109.
4. PACP-Ch. 2011. Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de los Pastizales del Desierto Chihuahuense en el Estado de Chihuahua 2011-2016, Guzmán-Aranda, J.C., J. Hoth y E. Blanco (Eds.). Gobierno del Estado de Chihuahua, México.
5. Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia, 31(8), 583–590.
6. Royo, M., S. Sierra, C. Morales, R. Carrillo, A. Melgoza y P. Jurado. 2008. Capítulo III. Estudios Ecológicos de Pastizales. En A. En: Rancho Experimental la Campana: 50 años de investigación y transferencia de tecnología en pastizales y producción animal. Chávez Silva, A. (Ed.) INIFAP, México.
7. Weaver, W. 2010. Recent contributions to the mathematical theory of communication. The Mathematical Theory of Communication, 1.

DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DEL PASTO *Pennisetum purpureum* Schumach, SOMETIDO A RADIACIÓN IONIZANTE.

Karina Yamileth Cristiani-Roman¹, Cándido Enrique Guerra-Medina^{2*}, José de Jesús Maldonado-Méndez², José Carlos Escobar-España³, Avendaño Arrazate Carlos Hugo⁴

¹Instituto de Biociencias-UNACH, ²C. E. Rosario Izapa, INIFAP; ³Facultad de Ciencias Agrícolas-UNACH,

⁴Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP

*Autor para correspondencia: guerra.candido@inifap.gob.mx

Palabras clave: Forrajes, bovinos, trópico, degradación.

Introducción

Debido a la falta de forraje en las regiones tropicales, los productores emplean pastos de bajo crecimiento y calidad en la alimentación del ganado, el aprovechamiento de los carbohidratos estructurales como fuente de energía es bajo y se afecta el rendimiento del ganado (Barrera *et al.*, 2015). Ante los riesgos para la producción de forrajes en las regiones tropicales por efecto del cambio climático, es importante buscar alternativas en la producción de forrajes de mayor adaptación, productividad y valor nutricional. El pasto *Pennisetum purpureum* Schumach se ha adaptado a diversas condiciones con buen potencial de crecimiento y producción de biomasa, representa una alternativa importante para la producción de forraje en las regiones tropicales ante las condiciones de falta de agua, por ello es importante considerar estudios para mejorar su productividad y valor nutricional. La radiación ionizante es una técnica que se ha utilizado para inducir variabilidad genética con fines de mejoramiento en plantas y puede ser una vía para mejorar la productividad y el valor nutricional de los pastos (Lu *et al.*, 2007).

Objetivo

Determinar la digestibilidad *in situ* del pasto *Pennisetum purpureum* Schumach irradiado con Co⁶⁰, durante el periodo de lluvias y secas.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se utilizó el pasto *P. purpureum* de cuatro meses de edad, obtenido del Banco de Germoplasma del Campo Experimental Rosario Izapa (14° 40' 16.1" N, 92° 42' 59.1" O) a 435 m de altitud, con clima cálido húmedo, lluvias en verano, temperatura media anual de 25.2 °C y precipitaciones superiores a 3,200 mm. Se seleccionaron tallos buscando aquellos de mayor grosor y largo de entrenudos. Se cortaron secciones que contenían dos a tres nudos. Al material seleccionado se sometió a radiación ionizante a 10 gray. El material vegetal irradiado se estableció en parcelas de 4 x 15 m del mismo Campo Experimental, para ello las cañas se sembraron a una distancia de 0.5 m entre matas y 2.0 m entre filas. A los tres meses del establecimiento se dio corte de uniformidad a 30 cm del suelo y posteriormente se inició la evaluación a 30, 45 y 60 días. Durante la evaluación no se aplicó fertilizante y el control de malezas se realizó de forma manual con machete. El estudio se realizó durante los meses de septiembre de 2022 a mayo de 2023.

Los tratamientos evaluados fueron: 1) *P. purpureum* sin irradiar; 2) *P. purpureum* irradiado con CO⁶⁰. Para llevar a cabo la evaluación se eligieron al azar 10 macolllos en cada parcela de cada tratamiento y se tomaron muestras de tres plantas a 30, 45 y 60 días después del corte de uniformidad, se depositaron 450 g del pasto en bolsas de papel, después se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C por 48 h, luego se molieron en molino con criba de 2 mm y finalmente se colocaron en bolsas de plástico etiquetadas para su análisis correspondiente.

Digestibilidad *in situ*. La prueba de digestibilidad *in situ* se realizó en dos vaquillas, con alimentación a libre pastoreo y sal mineral a libre acceso, con fistula ruminal. Se depositaron aproximadamente 5 g de muestra seca en bolsas de poliseda de 10 x 15 cm y se incubaron en el rumen por 0, 6, 12, 24, 48 y 72 h por triplicado. La cinética ruminal se analizó con el modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1979), $P = a + b(1 - c \cdot e^{-ct})$, donde P describe la proporción (%) de material que desaparece de la bolsa al tiempo t, a es solubilidad ruminal o fracción que desaparece de la bolsa (%) a las 0 h; b es la fracción insoluble, pero potencialmente digestible (%); c es la velocidad de desaparición de la fracción b y t es el tiempo de incubación. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento con PROC GLM (SAS, 1999) y la comparación de medias con el procedimiento de Tukey. La degradabilidad efectiva se estimó considerando tasas de pasaje ruminal de 2, 5 y 8% h⁻¹ que representa

un consumo bajo, mediano y elevado, respectivamente (ARC, 1984), la cinética ruminal se determinó con PROC NLIN (SAS, 1999).

Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra los resultados de la digestibilidad *in situ* del pasto *P. purpureum* en el periodo de lluvias y secas, irradiado con Co⁶⁰ a diferentes horas de incubación. En temporadas de lluvia no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$), sin embargo, en temporada de estiaje el pasto irradiado mostró diferencias significativas la hora 0 y 6 ($P<0.05$), mientras que de la hora 12 a la 72 no hubo diferencias ($P>0.05$). Por lo tanto, la digestibilidad *in situ* no se ve afectada por la irradiación del forraje, siendo este método una buena alternativa para el mejoramiento genético del pasto.

En relación con otras investigaciones, Barrera et al. (2015) determinaron que la digestibilidad *in situ* del pasto elefante (*P. purpureum*) es menor en la hora 0 y 6, sin embargo, a partir de la hora 24 a la 72 el estudio muestra aumentos en la digestibilidad, obteniendo diferencias en cuanto al comportamiento del pasto estudiado, cabe destacar que esto puede suceder debido a factores no controlables como la disponibilidad de agua, la temporada, la fertilidad del suelo, entre otras.

El cuadro 2 muestra los resultados de degradabilidad ruminal *in situ* del pasto *P. purpureum* en dos temporadas (lluvia y estiaje) en el cual se observa que la fracción soluble, la fracción potencialmente digerible, la fracción no digerible y la tasa de digestibilidad no tuvieron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos de ambas temporadas, por lo tanto, la degradación del forraje no se ve afectado por la irradiación.

Cuadro 1. Digestibilidad *in situ* de la materia seca de *P. purpureum* radiado y no radiado en época de lluvia y seca.

Hora	Lluvia		EEM	<i>P</i>
	<i>P. purpureum</i> Radiado	<i>P. purpureum</i> no Radiado		
0	25.50	25.56	1.1271	0.9672
6	36.21	36.04	1.1275	0.9142
12	42.71	43.04	1.4091	0.8714
24	56.33	54.34	2.1644	0.5260
48	66.41	63.41	1.9888	0.3011
72	68.11	69.44	2.1222	0.6636
Secas				
0	27.82a	23.78b	0.9820	0.0103
6	37.98a	34.77b	1.0298	0.0423
12	54.11	53.88	3.2719	0.9598
24	59.85	57.91	1.3714	0.3321
48	68.79	68.55	2.1418	0.9387
72	73.04	71.83	1.0962	0.4486

a, b: Medias con diferente literal en filas, difieren estadísticamente ($p<0.05$), EEM: error estándar de la media

Cuadro 2. Parámetros de la cinética de degradación de forraje radiado y no radiado en época de lluvia y seca.

Parámetro	Lluvias	
	<i>P. purpureum</i> radiado	<i>P. purpureum</i> no radiado
a	29.06	30.80
b	52.04	49.82
c	18.90	19.38
Kd, %	0.04	0.04
Secas		
a	27.30	21.73
b	50.30	55.66
c	22.40	22.61
Kd, %	0.03	0.05

(a): fracción soluble, (b): fracción potencialmente digerible, c: fracción indigestible expresado en porcentajes, (kd): tasa de digestibilidad de la fracción.

Conclusiones

La radiación ionizante del pasto *Pennisetum purpureum* con Co⁶⁰, cosechado durante el periodo de lluvias, no afectó la digestibilidad *in situ* de la materia seca; mientras que en el pasto cosechado durante el periodo de secas, fue menor en el pasto irradiado en las horas 0 y 6. En los resultados de cinética de degradación del forraje, la fracción soluble, potencialmente digerible, no digerible y la tasa de digestibilidad fueron similares.

Agradecimientos

Al INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, por facilitar las condiciones para que se llevara a cabo esta investigación.

Fuente financiadora

INIFAP

Referencias bibliográficas

1. Barrera, Á. A. E., Avellaneda C. J. H., Tapia M. E. O., Peña G. M. M., Molina H. C. A. & Casanova F. L. M. (2015). Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum sp*. Ciencia y Tecnología, 8(2): 13-27.
2. Lu, G., Zhang. X., Zou, Y., Zou, Q., Xiang, X., y Cao, J. (2007). Effect of radiation on regeneration of Chinese narcissus and analysis of genetic variation with AFLP and RAPD markers. Plant cell Tiss Organ. Cult. 88: 319-327.
3. Torres G., G., Arbaiza F., T., Carcelén C., F., & Lucas A., O. (2009). Comparación de las técnicas *in situ*, *in vitro* y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, RIVEP, 20 (1): 5-9.
4. SAS. (1999). User's Guide: Statistics, version 8.0. Ed. SAS Institute, Inc., Cary N.C.

FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) DEL ESTADO DE CAMPECHE.

José de Jesús Maldonado-Méndez¹, Manuel Grajales-Solís¹, Cándido Enrique Guerra-Medina¹ Gálvez-Marroquín, Luis Antonio²

* ¹C. E. Rosario Izapa, INIFAP, ²C. E. Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP

*Autor para correspondencia: maldonado.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: germoplasma, trópico, mandioca.

Introducción

La Yuca es una planta arbustiva que puede medir de 1.5 a 3.8 m de altura, se caracteriza por la presencia de tallos semileñosos y ramas en su parte media y superior. Existe amplia variabilidad genética con ecotipos de variedades regionales (MAG, 1991) en las cuales las hojas pueden ser de color verde claro, verde oscuro, verde con púrpura y púrpura, y sus hojas pueden estar compuestas por 4 a 10 lóbulos, con lóbulos centrales pueden ser de formas ovoides, elíptica, lanceoladas, lineal, oblanceolada y panduradas; así como pecíolos de posición con horizontal, semivertical o inclinados con longitudes de 0.2 a 0.5 m, de color rojo, verde, amarillo verdoso, verde rojizo o púrpura uniforme. Es una especie monoica, es decir la planta produce flores masculinas y femeninas y puede llegar a producir semillas. Por lo que es necesario considerar estas características para los estudios de fenología y caracterización.

Objetivo

Evaluar la fenología y caracterizar accesiones de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) colectadas en Campeche, que sirva como base genética para la selección de accesiones sobresalientes.

Materiales y métodos

Se colectaron siete accesiones de Yuca en diferentes regiones del estado de Campeche, en el mes de enero de 2024 se establecieron en el Campo Experimental Rosario Izapa, del INIFAP, ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, con coordenadas de 14.9758 y -92.1550, a una altitud de 440 msnm, el clima es cálido húmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es superior a 3,200 mm. El tallo de las accesiones se cortó en partes de 25 cm aproximadamente y se sembraron de manera perpendicular a una profundidad entre 10 a 15 cm, la distancia entre matas fue de 60 cm y la distancia entre hileras de 1.5 m. De las características de crecimiento se midió altura de la planta y el diámetro del tallo a 71 y 104 días después de la siembra (DDS); la caracterización se realizó de acuerdo con los descriptores de la UPOV (2017), en el que se describieron los siguientes caracteres: 1) Del tallo: color del cortex (TCCX), color de la corteza (TCCZ), color de la cara interna de la corteza (TCIC), zigzag (TZZ), prominencia de las cicatrices foliares (TPCF), distancia entre las cicatrices foliares (TDCF), color externo de las ramas (TCER), 2) Hoja: Hoja apical; color (HA), pubescencia (HP), forma del lóbulo central (HFLC), Variegación (HV), longitud del lóbulo central (HLLC), anchura del lóbulo central (HALC), color de los nervios (HCLN), 3) Peciolo: porte en relación con el tallo (PPRT), Color (PC), 3) Estípulas: longitud (EL), división (ED). Los datos de características de crecimiento se analizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento con PROC GLM (SAS, 2020) y la prueba de medias con Tukey ($P \leq 0.05$) (Steel y Torrie, 1996). De los caracteres se determinó la moda y se hizo el análisis de correspondencia simple (SAS, 2020).

Resultados y discusión

En la Figura 1 (a), se observan los datos de la altura (cm), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), existen diferencias altamente significativas a los 71 DDS, las accesiones 5 y 6 obtuvieron la altura más alta con 40.0 y 43.0 cm, seguida de las accesiones 1, 2, 7 y 3 con 35.3, 35.0, 34.3 y 33.0 cm, después la accesión 4 con 28.0 cm. A los 104 DDS, de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), no existe diferencia entre las accesiones. Los valores de altura observados se encuentran entre 78.1 cm de la accesión 4, seguida de las accesiones 6, 1 y 7, con valores de 82.3, 83.8 y 86.0 cm, las accesiones con valores en el rango alto fueron 3, 5 y 2 con 96.0, 104.3 y 105.9 cm. En la Figura 1 (b), se observan los datos de grosor del tallo (cm), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), no existe diferencia a los 71 DDS, entre las siete accesiones con valores de 9.7 y 10.3 mm para las accesiones 2 y 4 respectivamente, seguida de las accesiones 7, 3, 5 y 6 con grosor del tallo de 12.3, 13.0,

13.0 y 13.3 mm, la accesión que tuvo el mayor valor fue la 7 con 14 mm. A los 104 DDS, de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), no existe diferencia entre las accesiones.

Todas las accesiones mostraron buen crecimiento en condiciones de falta de humedad, indicando su potencial de adaptación a ambiente secos, por lo que puede ser un cultivo alternativo.

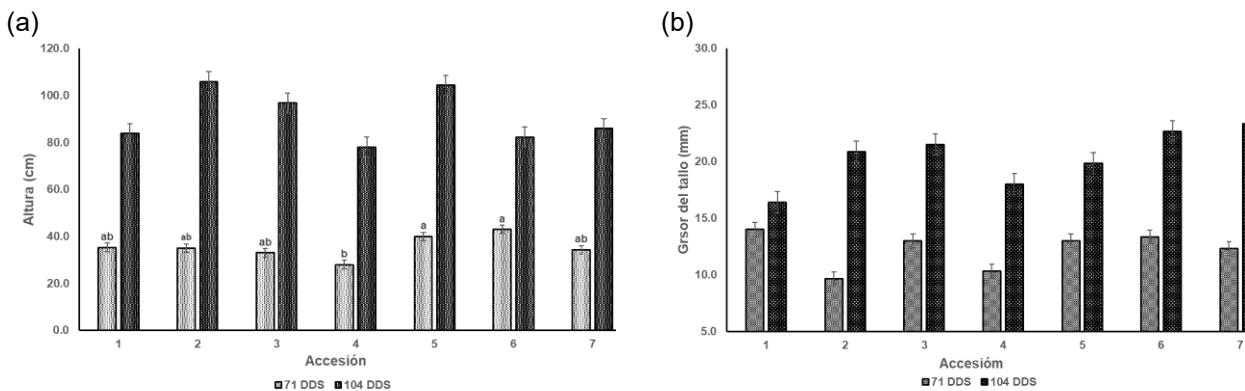


Figura 1, (a): Altura de la planta (cm) y (b) grosor del tallo (mm) \pm desviación estándar (DS) de siete accesiones de Yuca recolectadas en el estado de Campeche, México.

a, b: Valores de las medias en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($P \leq 0.05$);

El análisis de correspondencia simple mostró la variación morfológica cualitativa de las siete accesiones recolectadas en el estado de Campeche (Cuadro 1). La dispersión de las siete accesiones quedó representada en las dos primeras dimensiones, la Figura 2 muestra la dispersión de las siete accesiones en función de las dos primeras dimensiones y en total se formaron cinco grupos con diferente número de poblaciones.

El grupo No. 1 se ubica en el primer cuadrante está integrado por la accesión 7 que tiene las siguientes características del tallo; color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag presente, prominencia de las cicatrices foliares corta, distancia entre las cicatrices foliares corta, color externo de las ramas verde rojizo, variegación presente. En las hojas anchura del lóbulo central medio, color de los nervios verde rojizo, longitud de las estípulas media.

En el grupo No. 2 se incluyó la accesión 1, presenta las características en el tallo; color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag presente, prominencia de las cicatrices foliares media, distancia entre las cicatrices foliares media, color externo de las ramas verde. En las hojas: Variegación ausente, anchura del lóbulo central medio, color de los nervios verde, longitud de las estípulas corta.

El grupo No. 3 está integrado por la accesión 4 en el cual se observa las características del tallo color de la cara interna de la corteza marrón claro, zigzag ausente, prominencia de las cicatrices foliares media, distancia entre las cicatrices foliares corta, color externo de las ramas verde. En las hojas variegación ausente anchura del lóbulo central largo, color de los nervios verde rojizo y longitud de las estípulas media.

El grupo No. 4 está constituido por las accesiones 2, 5 y 6 en estas se observan las siguientes características del tallo; color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag ausente, prominencia de las cicatrices foliares media color externo de las ramas verde. En las hojas Color de la hoja apical verde claro, pubescencia de la hoja apical ausente, forma del lóbulo oboval, color verde oscuro, variegación ausente, anchura del lóbulo central media, porte del pecíolo en relación con el tallo horizontal y estípulas divididas.

En el grupo No. 5 se encuentra la accesión 6 que se distinguen por tener las siguientes características del tallo; color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag ausente, prominencia de las cicatrices foliares media, color externo de las ramas verde. En las hojas color de la hoja apical verde claro, pubescencia ausente, forma del lóbulo oboval, color verde oscuro, variegación ausente, anchura del lóbulo central medio, porte del pecíolo en relación con el tallo horizontal y estípulas divididas.

Cuadro 1. Vectores y valores propios del análisis de correspondencia simple de 7 accesiones de yuca recolectadas en el estado de Campeche, México.

Descriptor	Acrónimo	Dimensión 1	Dimensión 2	Dimensión 3
Tallo: Color del cortex	TCCX	0.02	0.2916	0.0842
Tallo: Color de la corteza	TCCZ	0.05	0.2304	0.0716
Tallo: Color de la cara interna de la corteza	TCIC	0.15	0.0291	0.5792
Tallo: zigzag	TZZ	0.42	0.5649	0.0094
Tallo: Prominencia de las cicatrices foliares	TPCF	0.59	0.0247	0.245
Tallo: Distancia entre las cicatrices foliares	TDCF	0.07	0.0072	0.5475
Tallo: color externo de las ramas	TCER	0.45	0.236	0.0567
HOJA APICAL: Color	HA	0.03	0.5989	0.1185
HOJA APICAL: Pubescencia	HP	0.03	0.5989	0.1185
HOJA: Forma del lóbulo central	HFDLC	0.03	0.5989	0.1185
HOJA: Color	HC	0.03	0.5989	0.1185
HOJA: Variegación	HV	0.95	0.0432	0.011
HOJA: Longitud del lóbulo central	HLLC	0.04	0.3086	0.0895
HOJA: Anchura del lóbulo central	HALC	0.23	0.3717	0.2852
HOJA: Color de los nervios	HCN	0.02	0.0752	0.2375
PECILO: Porte en relación con el tallo	PPRT	0.03	0.5989	0.1185
PECILO: Color	PC	0.02	0.6605	0.0389
ESTÍPULAS: Longitud	EL	0.00	0.0355	0.0014
ESTÍPULAS: División	ED	0.03	0.5989	0.1185

Conclusiones

Las 7 accesiones de yuca presentan un rápido crecimiento con respecto a la altura y el grosor del tallo, además tienen alta variación morfológica, por lo que se consideran un recurso genético, para ser usadas en programas de mejoramiento genético.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Establecimiento del Banco de Germoplasma de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), caracterización, evaluación productiva y nutricional en el Soconusco, Chiapas” financiado por la Estrategia de Acompañamiento Técnico, Producción Para el Bienestar.

Referencias bibliográficas

1. UPOV, Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. 2017. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad Mandioca Código UPOV: MANIH_ESC (*Manihot esculenta* Crantz). Ginebra.
2. SAS, System for Windows. 2020. SAS User's Guide Statistics, SAS Inst. Inc. Cary North Carolina USA.
3. Steel, R. G. D y Torrie H. J. 1996. Bioestadística: principios y procedimientos. Traducción Ricardo Martínez B. Revisión técnica Jesús María Castaño. 2a. ed. México: McGraw-Hill, 622 p.
4. MAG, (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica) (1991). Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos. San José, Costa Rica, DIA. 559 p.

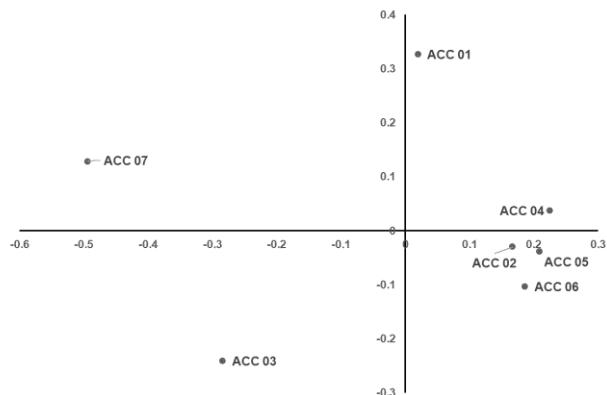


Figura 2. Dispersión de 7 accesiones de yuca recolectada en el estado de Campeche, México con base en el primer par de dimensiones del análisis de correspondencia simple.

FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) DEL ESTADO DE TABASCO.

José de Jesús Maldonado-Méndez¹, Manuel Grajales-Solís¹, Cándido Enrique Guerra-Medina¹ Gálvez-Marroquín, Luis Antonio²

* ¹C. E. Rosario Izapa, INIFAP, ²C. E. Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP

*Autor para correspondencia: maldonado.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Germoplasma, trópico, mandioca.

Introducción

La yuca es una plantan monoica, de ramificación simpodial, y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre 1 y 3 m, su propagación es vegetativa a través de los tallos. Requiere entre 10 a 12 horas luz, es decir es un cultivo de fotoperiodo corto, se adapta a días con fotoperiodos largos, hasta 14 horas luz, debido a que tiene la capacidad de realizar fotosíntesis como una planta C₃ o C₄ (Quirós y De Diego, 2006). Se adapta en altitudes desde el nivel del mar hasta los 600 m y seleccionada con fines de autoconsumo propiamente, se han generado ecotipos con características propias a ambientes de adaptación y a costumbres del productor, por lo que es necesario realizar estudios de fenología y caracterización, a fin de conocer los ecotipos de mayor productividad.

Objetivo

Evaluar la fenología y caracterizar accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) colectadas en Tabasco, que sirva como base genética para la selección de accesiones sobresalientes.

Materiales y métodos

Se colectaron 7 accesiones de yuca en diferentes regiones del estado de Tabasco, en el mes de enero de 2024 se establecieron en el Campo Experimental Rosario Izapa, del INIFAP, ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, con coordenadas de 14.9758 y -92.1550, a una altitud de 440 msnm, el clima es cálido húmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es superior a 3,200 mm. El tallo de las accesiones se cortó en partes de 25 cm aproximadamente y se sembraron de manera perpendicular a una profundidad entre 10 a 15 cm, la distancia entre matas fue de 60 cm y la distancia entre hileras de 1.5 m. De las características de crecimiento se midió: altura de la planta y diámetro del tallo a 71 y 104 días después de la siembra (DDS); la caracterización se realizó de acuerdo con los descriptores de la UPOV (2017), en el que se describieron los siguientes caracteres: 1) Del tallo: color del cortex (TCCX), color de la corteza (TCCZ), color de la cara interna de la corteza (TCIC), zigzag (TZZ), prominencia de las cicatrices foliares (TPCF), distancia entre las cicatrices foliares (TDCF), color externo de las ramas (TCER), 2) Hoja: Hoja apical; color (HA), pubescencia (HP), forma del lóbulo central (HFLC), Variegación (HV), longitud del lóbulo central (HLLC), anchura del lóbulo central (HALC), color de los nervios (HCLN), 3) Peciolo: porte en relación con el tallo (PPRT), Color (PC), 3) Estípulas: longitud (EL), división (ED). Los datos de características de crecimiento se analizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento con PROC GLM (SAS, 2020) y la prueba de medias con Tukey ($P \leq 0.05$) (Steel y Torrie, 1996). De los caracteres se determinó la moda y se hizo el análisis de correspondencia simple (SAS, 2020).

Resultados y discusión

En la Figura 1 (a), se observan los datos de la altura (cm), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), no existen diferencias significativas a los 71 DDS. Los valores de altura observados estuvieron en un rango de 16.0 cm en la accesión 3, seguida de las accesiones 5, 1 y 7, con valores de 30.0, 33.7 y 36.0 cm, las accesiones con valores en el rango alto fueron 2, 4 y 6 con 41.0, 44.0 y 47.0 cm. A los 104 DDS, de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), no existe diferencia significativa entre las accesiones. Las accesiones que tuvieron mayor altura fueron 1, 3 y 4. En la Figura 1 (b), se observan los datos de grosor del tallo (cm), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), no existe diferencia significativa a los 71 y 104 DDS entre las siete accesiones.

Las accesiones tuvieron un crecimiento en rápido en condiciones de falta de humedad, indicando su potencial de adaptación a ambiente secos, por lo que puede ser un cultivo alternativo.

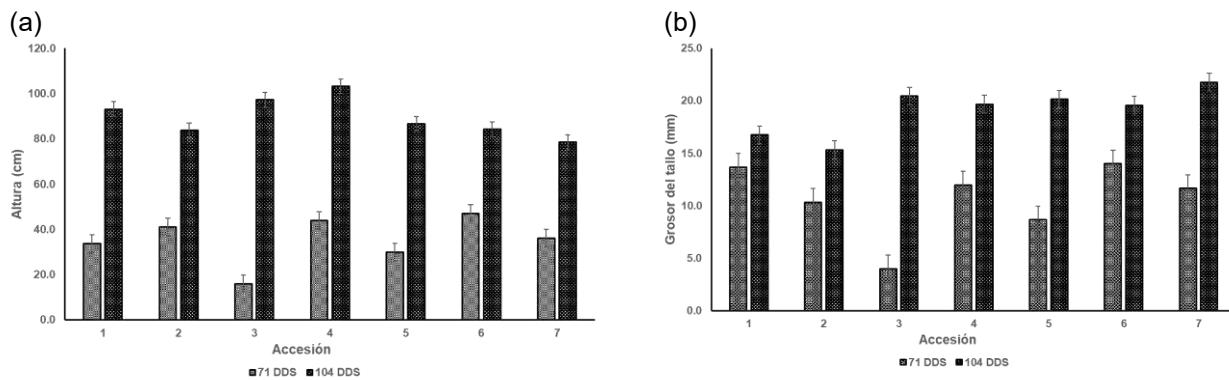


Figura 1, (a): Altura de la planta (cm) y (b) grosor del tallo (mm) \pm desviación estándar (DS) de 7 accesiones de yuca recolectadas en el estado de Tabasco, México.

a, b: Valores de las medias en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($P \leq 0.05$);

El análisis de correspondencia simple mostró la variación morfológica cualitativa de las siete accesiones recolectadas en el estado de Tabasco (Cuadro 1). La dispersión de las siete accesiones quedó representada en las dos primeras dimensiones, la Figura 2 muestra la dispersión de las siete accesiones en función de las dos primeras dimensiones y en total se formaron tres grupos con diferente número de poblaciones.

El grupo No. 1 se ubica en el primer cuadrante, está integrado por la accesión 3 que tiene las siguientes características del tallo; color de la corteza amarillento, zigzag ausente, prominencia de las cicatrices foliares media, distancia entre las cicatrices foliares larga y color externo de las ramas verde. En las hojas; anchura forma del lóbulo oboval, variegación presente longitud del lóbulo central corto, anchura del lóbulo central estrecho, color de los nervios verde rojizo, longitud de las estípulas media y divididas.

Cuadro 1. Vectores y valores propios del análisis de correspondencia simple de 7 accesiones de yuca recolectadas en el estado de Tabasco, México.

Descriptor	Acronimo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Tallo: Color del cortex	TCCX	0.0289	0.2557	0.1175
Tallo: Color de la corteza	TCCZ	0.5677	0.0105	0.3867
Tallo: Color de la cara interna de la corteza	TCIC	0.1986	0.6343	0.0026
Tallo: zigzag	TZZ	0.663	0.3366	0
Tallo: Prominencia de las cicatrices foliares	TPCF	0.0002	0.3981	0.1308
Tallo: Distancia entre las cicatrices foliares	TDCF	0.4832	0.0135	0.4728
Tallo: color externo de las ramas	TCER	0.2927	0.0474	0.1671
HOJA APICAL: Color	HA	0.0236	0.1867	0.1134
HOJA APICAL:	HP	0.0092	0.0483	0.9345
HOJA: Forma del lóbulo central	HFDLC	0.19	0.1344	0.0259
HOJA: Color	HC	0.1986	0.6343	0.0026
HOJA: Variegación	HV	0.6535	0.3404	0.005
HOJA: Longitud del lóbulo central	HLLC	0.1732	0.7869	0.0009
HOJA: Anchura del lóbulo central	HALC	0.2145	0.3535	0.0922
HOJA: Color de los nervios	HCN	0.4714	0.1237	0.2709
PECIOLLO: Porte en relación con el tallo	PPRT	0.0237	0.0041	0.2422
PECIOLLO: Color	PC	0.1986	0.6343	0.0026
ESTÍPULAS: Longitud	EL	0.0004	0.2417	0.1423
ESTÍPULAS: División	ED	0.3229	0.3757	0.0029

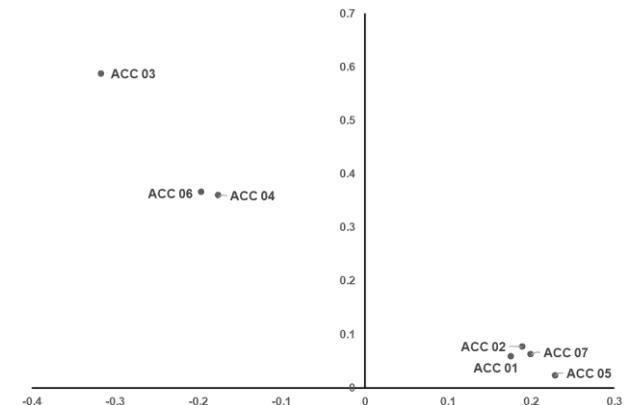


Figura 2. Dispersión de 7 accesiones de yuca recolectada en el estado de Tabasco, México con base en el primer par de dimensiones del análisis de correspondencia simple.

El grupo No. 2 está integrado por las accesiones 4 y 6 que tiene las siguientes características del tallo; color del córtex amarillento, color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag presente, distancia entre las cicatrices foliares corta, color externo de las ramas verde rojizo. En las hojas el color de la hoja apical verde, pubescencia de la hoja apical ausente, color de la hoja verde oscuro, variegación ausente, longitud del lóbulo central medio, anchura del lóbulo central medio, color de los nervios verde, porte del pecíolo en relación con el tallo horizontal y el color de la hoja verde rojizo.

El grupo No. 3 está integrado por las accesiones 1,2,5 y 7 que presenta las siguientes características del tallo; color del córtex amarillento, color de la cara interna de la corteza amarillento grisáceo y zigzag ausente. En las hojas, color de la hoja apical verde claro, forma del lóbulo oboval, color de la hoja verde oscuro, variegación ausente, longitud del lóbulo central medio, anchura del lóbulo central medio, porte del pecíolo en relación con el tallo horizontal, color verde rojizo, estípulas divididas.

Conclusiones

Las 7 accesiones de yuca presentan amplia variación morfológica, por lo que se consideran un recurso genético importante por su alto valor alimenticio.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Establecimiento del Banco de Germoplasma de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), caracterización, evaluación productiva y nutricional en el Soconusco, Chiapas” financiado por la Estrategia de Acompañamiento Técnico, Producción Para el Bienestar.

Referencias bibliográficas

1. UPOV, Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. 2017. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad Mandioca Código UPOV: MANIH_ESC (*Manihot esculenta* Crantz). Ginebra.
2. SAS, System for Windows. 2020. SAS User's Guide Statistics, SAS Inst. Inc. Cary North Carolina USA.
3. Steel, R. G. D y Torrie H. J. 1996. Bioestadística: principios y procedimientos. Traducción Ricardo Martínez B. Revisión técnica Jesús María Castaño. 2a. ed. México: McGraw-Hill, 622 p.
4. Quirós, A. B., De Diego, J. E. 2006. Análisis de crecimiento y absorción de nutrientes de yuca (*Manihot esculenta*). Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, ITCR. 121 p.

FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) DEL ESTADO DE OAXACA.

José de Jesús Maldonado-Méndez¹, Manuel Grajales-Solís¹, Cándido Enrique Guerra-Medina¹ Gálvez-Marroquín, Luis Antonio²

* ¹C. E. Rosario Izapa, INIFAP, ²C. E. Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP

*Autor para correspondencia: maldonado.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Germoplasma, mandioca.

Introducción

Para el estudio de fenología y caracterización de la Yuca es necesario conocer las etapas de crecimiento: 1) Lento, que comprende desde la siembra hasta los 60 días de edad, de los cuales empieza a la formación de sus raíces durante los primeros 5 a 7 días e inmediatamente el desarrollo de tallos y hojas. 2) Crecimiento máximo, que se alcanza entre los 60 a 150 días de edad, los tallos se ramifican y las hojas crecen, se produce la mayor cantidad de biomasa, se inicia la formación de raíces de almacenamiento y el engrosamiento de los pequeños tubérculos. 3) Senescencia, está comprendida entre los 150 días hasta la cosecha de los tubérculos ya engrosados, hay variedades que pueden estar para cosecha a partir de los 230 días, mientras que otras hasta los 280, aquí en esta última etapa de crecimiento, la producción de biomasa o follaje es relativamente poca, en comparación con la segunda etapa (Quirós y De Diego 2006; Hernández, 2014).

Objetivo

Evaluar la fenología y caracterizar accesiones de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) colectadas en Oaxaca, que sirva como base genética para la selección de accesiones sobresalientes.

Materiales y métodos

Se colectaron 11 accesiones de Yuca en diferentes regiones del estado de Oaxaca, en el mes de enero de 2024 se establecieron en el Campo Experimental Rosario Izapa, del INIFAP, ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, con coordenadas de 14.9758 y -92.1550, a una altitud de 440 msnm, el clima es cálido húmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es superior a 3,200 mm. El tallo de las accesiones se cortó en partes de 25 cm aproximadamente y se sembraron de manera perpendicular a una profundidad entre 10 a 15 cm, la distancia entre matas fue de 60 cm y la distancia entre hileras de 1.5 m. De las características de crecimiento, se midió altura de la planta y el diámetro del tallo a 71 y 104 días después de la siembra (DDS); la caracterización se realizó de acuerdo con los descriptores de la UPOV (2017), en el que se describieron los siguientes caracteres: 1) Del tallo: color del cortex (TCCX), color de la corteza (TCCZ), color de la cara interna de la corteza (TCIC), zigzag (TZZ), prominencia de las cicatrices foliares (TPCF), distancia entre las cicatrices foliares (TDCF), color externo de las ramas (TCER), 2) Hoja: Hoja apical (HA), color, pubescencia (HP), forma del lóbulo central (HFLC), Variegación (HV), longitud del lóbulo central (HLLC), anchura del lóbulo central (HALC), color de los nervios (HCLN), 3) Peciolo: porte en relación con el tallo (PPRT), Color (PC), 3) Estípulas: longitud (EL), división (ED). Los datos de características de crecimiento se analizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento con PROC GLM (SAS, 2020) y la prueba de medias con Tukey ($P \leq 0.05$) (Steel y Torrie, 1996). De los caracteres se determinó la moda y se hizo el análisis de correspondencia simple (SAS, 2020).

Resultados y discusión

En la Figura 1 (a), se observan los datos de la altura (cm), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$), con una diferencia altamente significativa a los 71 DDS, la accesión 10 obtuvo la mayor altura con 50 cm, seguida de las accesiones 7, 11 y 6 con 46.7, 44.0 y 42.7 cm, después las accesiones 2, 9, 5 y 8 con alturas de 38.3, 38.0 y 37.0 y 37.0, posteriormente las accesiones 3, 2 y 4 con alturas de 35.3, 34.0 y 28.7. A los 104 DDS la accesión 10 con 126.6 cm obtuvo mayor altura ($P \leq 0.05$), seguida de la accesiones 7, 6, 8, 9 y 11 con alturas que van de 121.5, 114.1, 106.1, 105.6 y 110.1 cm, después las accesiones 1, 3, 5, 2 y 4 con 99.2, 103.1, 94.5, 88.5 y 65.9 cm. En la Figura 1 (b), se observan los datos de grosor del tallo (cm), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$), con una diferencia significativa a los 71 DDS. Las accesiones 11 y 8 obtuvieron el mayor grosor del tallo con 12.3 y 12.0 mm,

seguida de las accesiones 7, 6, 10 y 9 con 11.3, 10.7, 10.7, 10.3, y 9.7 mm, después las accesiones 1, 3, 2 y 5 con grosor del tallo de 9.7, 9.0, 8.7 y 8.0 mm, posteriormente la accesión 4 con grosor del tallo de 6.7 mm. A los 104 DDS las accesiones 3 y 1 con 19.8, y 19.7 mm obtuvieron el mayor grosor del tallo ($P \leq 0.05$), seguida de las accesiones 2, 8, 5, 9, 11, 6, 7, 10 y 4 que forman un grupo con valores que van de 19.2 a 13.7 mm.

En general todas las accesiones mostraron buen crecimiento en condiciones de falta de humedad, indicando que puede ser un cultivo alternativo.

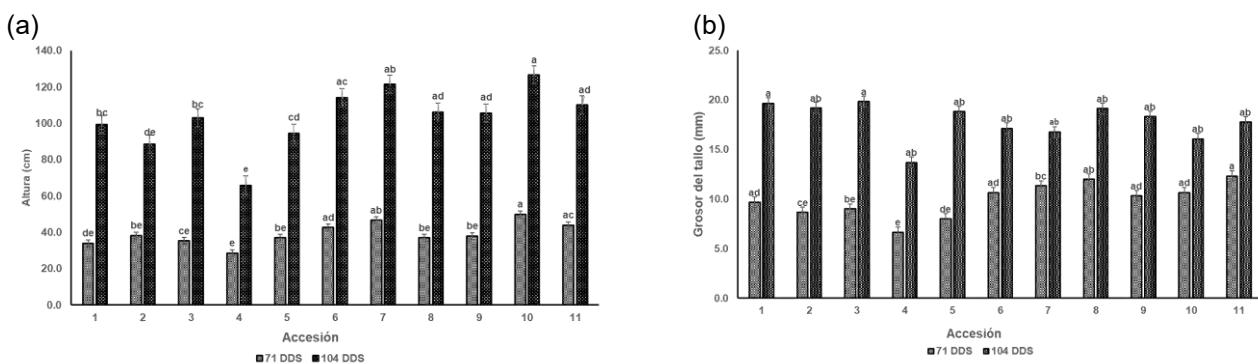


Figura 1, (a): Altura de la planta (cm) y (b) grosor del tallo (mm) \pm desviación estándar (DS) de 11 accesiones de yuca recolectadas en el estado de Oaxaca, México.

a, b: Valores de las medias en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($P \leq 0.05$);

El análisis de correspondencia simple mostró la variación morfológica cualitativa de las 11 accesiones recolectadas en el estado de Oaxaca (Cuadro 1). La dispersión de las 11 accesiones quedó representada en las dos primeras dimensiones, la Figura 2 muestra la dispersión de las 11 accesiones en función de las dos primeras dimensiones y en total se formaron cinco grupos con diferente número de poblaciones.

El grupo No. 1 se ubica en el primer cuadrante está integrado por las accesiones 4, 2, 5 y 9 que se caracteriza por las siguientes características del tallo; color del córtex amarillento, color de la cara color de la hoja apical verde claro, pubescencia de la hoja apical ausente forma del lóbulo ovobal, color de la hoja verde oscuro variegación ausente, anchura del lóbulo central media, porte del pecíolo en relación con el tallo horizontal color verde rojizo, longitud de las estípulas larga y dividida.

El grupo No. 2 se ubica en el primer cuadrante está integrado por la accesión 10 que se caracteriza por las siguientes características del tallo; color de la corteza amarillo amarronado, distancia entre las cicatrices foliares media, color externo de las ramas verde rojizo. En las hojas la pubescencia de la hoja apical ausente y longitud de las estípulas media.

El grupo No. 3 se ubica en el primer cuadrante, está integrado por la accesión 6 que tiene las siguientes características del tallo; color de la corteza amarillo grisáceo, distancia entre las cicatrices foliares corta. En las hojas pubescencia de la hoja apical presente, longitud del lóbulo central medio, longitud de las estípulas larga.

El grupo No. 4 está integrado por las accesiones 11, 3, 7 y 1 que presentan las siguientes características del tallo; color del córtex amarillento, color de la corteza amarillo grisáceo, color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag ausente, prominencia de las cicatrices foliares fuerte, distancia entre las cicatrices foliares corta. En las hojas, color de la hoja apical verde claro, pubescencia de la hoja apical ausente, forma del lóbulo ovobal, color de la hoja verde oscuro, variegación ausente, anchura del lóbulo central medio, color de los nervios verde, porte del pecíolo en relación con el tallo horizontal, color verde rojizo, longitud de las estípulas larga y dividida.

El grupo No. 5 se ubica en el primer cuadrante está integrado por la accesión 8 que tiene las siguientes características del tallo; color de la corteza amarillo amarronado; en las hojas, longitud del lóbulo central medio, longitud de las estípulas media.

Cuadro 1. Vectores y valores propios del análisis de correspondencia simple de 11 accesiones de yuca recolectadas en el estado de Oaxaca, México.

Descriptor	Acrónimo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Tallo: Color del cortex	TCCX	0.2734	0.0585	0.0069
Tallo: Color de la corteza	TCCZ	0.1875	0.421	0.2663
Tallo: Color de la cara interna de la corteza	TCIC	0.2734	0.0585	0.0069
Tallo: zigzag	TZZ	0.2734	0.0585	0.0069
Tallo: Prominencia de las cicatrices foliares	TPCF	0.7203	0.021	0.1744
Tallo: Distancia entre las cicatrices foliares	TDCF	0.3991	0.4232	0.1139
Tallo: color externo de las ramas	TCER	0.0003	0.0056	0.751
HOJA APICAL: Color	HA	0.2734	0.0585	0.0069
HOJA APICAL:	HP	0.5297	0.4663	0.0001
HOJA: Forma del lóbulo central	HFDLC	0.2734	0.0585	0.0069
HOJA: Color	HC	0.4307	0.0001	0.2217
HOJA: Variegación	HV	0.2734	0.0585	0.0069
HOJA: Longitud del lóbulo central	HLLC	0.0966	0.074	0.2091
HOJA: Anchura del lóbulo central	HALC	0.0412	0.3191	0.0178
HOJA: Color de los nervios	HCN	0.0964	0.1392	0.2166
PECILO: Porte en relación con el tallo	PPRT	0.2734	0.0585	0.0069
PECILO: Color	PC	0.2734	0.0585	0.0069
ESTÍPULAS: Longitud	EL	0.661	0.195	0.1112
ESTÍPULAS: División	ED	0.2734	0.0585	0.0069

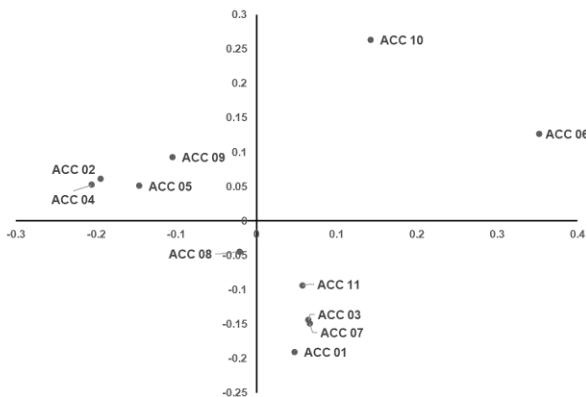


Figura 2. Dispensión de 11 accesiones de yuca recolectada en el estado de Oaxaca, México con base en el primer par de dimensiones del análisis de correspondencia simple.

Conclusiones

Las 11 accesiones de yuca presentan amplia variación morfológica, por lo que se consideran un recurso genético importante por su alto valor alimenticio. Las características de crecimiento de las accesiones 6, 7 y 10 sobresalen de las demás.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Establecimiento del Banco de Germoplasma de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), caracterización, evaluación productiva y nutricional en el Soconusco, Chiapas” financiado por la Estrategia de Acompañamiento Técnico, Producción Para el Bienestar.

Referencias bibliográficas

1. Hernández, L. (2014). Manejo integrado del cultivo de yuca en el Caribe colombiano (en línea). <http://es.slideshare.net/libardoeflorez/manejo-integrado-del-cultivo-de-la-yuca-en-el-caribe-colombiano>.
2. Quirós, A. B. y De Diego, J. E. (2006). Análisis de crecimiento y absorción de nutrientes de yuca (*Manihot esculenta*). Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, ITCR. 121 p.
3. SAS, System for Windows. 2020. SAS User's Guide Statistics, SAS Inst. Inc. Cary North Carolina USA.
4. Steel, R. G. D y Torrie H. J. 1996. Bioestadística: principios y procedimientos. Traducción Ricardo Martínez B. Revisión técnica Jesús María Castaño. 2a. ed. México: McGraw-Hill, 622 p.
5. UPOV, Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. 2017. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad Mandioca Código UPOV: MANIH_ESC (*Manihot esculenta* Crantz). Ginebra.

FENOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) DEL ESTADO DE VERACRUZ.

José de Jesús Maldonado-Méndez¹, Manuel Grajales-Solís¹, Cándido Enrique Guerra-Medina¹ Gálvez-Marroquín, Luis Antonio²

* ¹C. E. Rosario Izapa, INIFAP, ²C. E. Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP

*Autor para correspondencia: maldonado.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Germoplasma, trópico, mandioca.

Introducción

La yuca tiene dos conjuntos completos de cromosomas, es una planta diploide ($2N=36$ cromosomas), es monoica. se reconoce ampliamente la naturaleza altamente heterocigótica del genoma de la yuca. Es un cultivo básico de importancia social y agrícola en las regiones tropicales de todo el mundo; (Lyons *et al.*, 2021), por ello se considera necesario continuar evaluando la fenología y caracterizando nuevas accesiones. Entre las características fenotípicas de la yuca, dependiendo de la variedad o ecotipo, el tallo puede ser: erecto, decumbente u oblicuo. El tallo maduro es cilíndrico y su diámetro varía de 2 a 6 centímetros. Tanto el grosor del tallo como el color, varían de acuerdo con la edad de la planta y a la variedad. Se presentan tres colores básicos del tallo maduro que pueden ser plateado a gris, morado y amarillo (Suárez y Mederos, 2011).

Objetivo

Evaluar la fenología y caracterizar accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) colectadas en Veracruz, que sirva como base genética para la selección de accesiones sobresalientes.

Materiales y métodos

Se colectaron 15 accesiones de yuca en diferentes regiones del estado de Veracruz, en el mes de enero de 2024 se establecieron en el Campo Experimental Rosario Izapa, del INIFAP, ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, con coordenadas de 14.9758 y -92.1550, a una altitud de 440 msnm, el clima es cálido húmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es superior a 3,200 mm. El tallo de las accesiones se cortó en partes de 25 cm aproximadamente y se sembraron de manera perpendicular a una profundidad entre 10 a 15 cm, la distancia entre matas fue de 60 cm y la distancia entre hileras de 1.5 m. De las características de crecimiento se midió altura de la planta y el diámetro del tallo a 71 y 104 días después de la siembra (DDS); la caracterización se realizó de acuerdo con los descriptores de la UPOV (2017), en el que se describieron los siguientes caracteres: 1) Del tallo: color del cortex (TCCX), color de la corteza (TCCZ), color de la cara interna de la corteza (TCIC), zigzag (TZZ), prominencia de las cicatrices foliares (TPCF), distancia entre las cicatrices foliares (TDCF), color externo de las ramas (TCER), 2) Hoja: Hoja apical; color (HA), pubescencia (HP), forma del lóbulo central (HFLC), Variegación (HV), longitud del lóbulo central (HLLC), anchura del lóbulo central (HALC), color de los nervios (HCLN), 3) Peciolo: porte en relación con el tallo (PPRT), Color (PC), 3) Estípulas: longitud (EL), división (ED). Los datos de características de crecimiento se analizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento con PROC GLM (SAS, 2020) y la prueba de medias con Tukey ($P \leq 0.05$) (Steel y Torrie, 1996). De los caracteres se determinó la moda y se hizo el análisis de correspondencia simple (SAS, 2020).

Resultados y discusión

En la Figura 1 (a), se observan los datos de la altura (cm), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$), con una diferencia significativa a los 71 DDS, la accesión 11 tuvo la mayor altura con 43.7 cm, seguida de las accesiones 4, 9, 2, 13, 1 y 7 con 40.7, 40.3, 39.7, 39.7, 39.0 y 39.0 cm, después las accesiones 8, 6 y 12 con alturas de 37.7, 37.3 y 37.3 posteriormente las accesiones 3, 10, 14 y 15 con alturas de 31.7, 32.0, 26.0 y 22.7 cm. A los 104 DDS las accesiones 2 y 4 con 117.6 y 110.2 cm obtuvieron la mayor altura, después la accesión 8 con 105.7 cm ($P \leq 0.05$), seguida de las accesiones 13, 10, 7, 9, 11 y 12 con alturas que van de 103.6, 103.0, 102.4, 101.7, 99.8 y 98.1 cm, después las accesiones 1, 6, 5, 14, 3 y 15 con 93.9, 92.9, 79.2, 74.2, 67.0 y 59.4 cm. En la Figura 1 (b), se observan los datos de grosor del tallo (cm), de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$), no existe diferencia significativa a los 71 DDS, entre las 15 accesiones. De acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$),

con una diferencia altamente significativa a los 104 DDS, las accesiones 5 y 9 obtuvieron el mayor grosor del tallo con 22.2 y 22.0 mm, seguida de las accesiones 15, 13, 8, 12, 10, 11, 4, 7, 3, 6 y 2 con 20.6, 19.9, 19.5, 18.3, 17.9, 17.7, 17.3, 16.8, 16.3 y 15.5 mm, después las accesiones 1 y 14 con grosor del tallo de 13.9 y 13.5 mm.

En general todas las accesiones mostraron buen crecimiento en condiciones de falta de humedad, indicando que puede ser un cultivo alternativo.

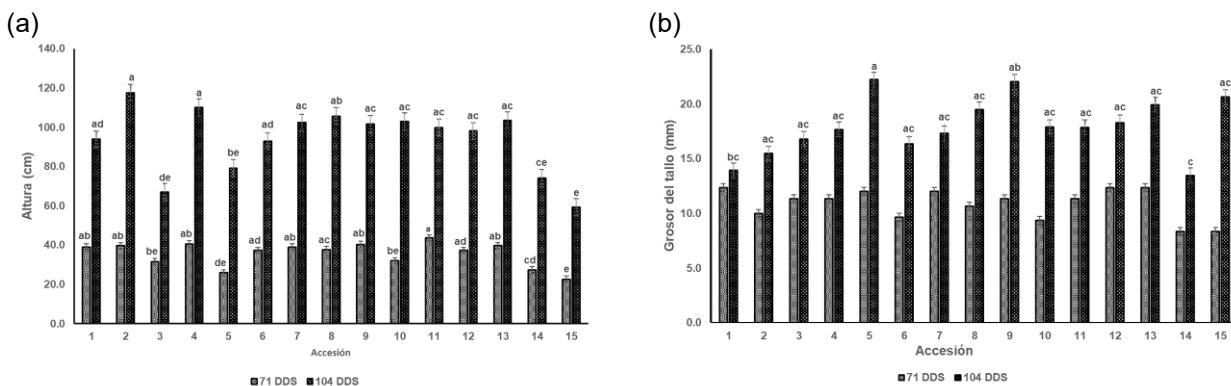


Figura 1, (a): Altura de la planta (cm) y (b) grosor del tallo (mm) ± desviación estándar (DS) de 15 accesiones de Yuca recolectadas en el estado de Veracruz, México.

a, b: Valores de las medias en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($P \leq 0.05$);

El análisis de correspondencia simple mostró la variación morfológica cualitativa de las 15 accesiones recolectadas en el estado de Veracruz (Cuadro 1). La dispersión de las 15 accesiones quedó representada en las dos primeras dimensiones, la Figura 2 muestra la dispersión de las 15 accesiones en función de las dos primeras dimensiones y en total se formaron seis grupos con diferente número de poblaciones.

El grupo No. 1 se ubica en el primer cuadrante está integrado por la accesión 12 que presenta las siguientes características del tallo; color de la corteza marrón oscuro, distancia entre las cicatrices foliares débil. En las hojas color de los nervios verde, longitud de las estípulas larga.

El grupo No. 2 está integrado por la accesión 4 que se caracteriza por el tallo; color de la corteza amarillo amarronado, distancia entre las cicatrices foliares larga. En las hojas; color de los nervios verde rojizo y longitud de las estípulas media.

El grupo No. 3 se ubica en el primer cuadrante está integrado por las accesiones 5 y 2 que se caracterizan por el tallo; color del córtex amarillento, color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag ausente, prominencia de las cicatrices foliares corta, distancia entre las cicatrices foliares larga. En las hojas pubescencia de la hoja apical ausente, forma del lóbulo media, anchura del lóbulo central medio, color de los nervios verde, porte del pecíolo en relación con el tallo, horizontal y estípulas divididas.

El grupo No. 4 se ubica en el primer cuadrante está integrado por las accesiones 13, 3 y 1 que se caracterizan por el tallo; color del cortex amarillento, color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag ausente. En las hojas pubescencia de la hoja apical ausente, forma del lóbulo media, color de la hoja verde oscuro, variegación ausente, longitud del lóbulo central medio, anchura del lóbulo central medio, color de los nervios verde, porte del pecíolo en relación con el tallo horizontal y estípulas divididas.

El grupo No. 5 integrado por las accesiones 6, 7, 8, 9 y 11 que se caracterizan por el tallo; color del córtex amarillento, color de la corteza amarillo grisáceo, color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag ausente, prominencia de las cicatrices foliares fuerte. En las hojas pubescencia de la hoja apical presente, forma del lóbulo oboval, variegación ausente, longitud del lóbulo central medio, anchura del lóbulo central ancho, color de los nervios verde, porte del pecíolo en relación con el tallo horizontal, color verde rojizo, longitud de las estípulas larga y dividida.

El grupo No. 6 integrado por las accesiones 10, 15 y 14 que se caracterizan por el tallo; color del córtex amarillento, color de la cara interna de la corteza amarillento, zigzag ausente, prominencia de las cicatrices foliares fuerte, distancia entre las cicatrices foliares corta. En las hojas pubescencia de la hoja apical presente, forma del lóbulo oboval, variegación ausente, anchura del lóbulo central ancho, color de los

nervios verde, porte del pecíolo en relación con el tallo horizontal, color verde rojizo, longitud de las estípulas media y dividida.

Cuadro 1. Vectores y valores propios del análisis de correspondencia simple de 15 accesiones de yuca recolectadas en el estado de Veracruz, México.

Descriptor	Acrónimo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Tallo: Color del cortex	TCCX	0.4089	0.0032	0.0403
Tallo: Color de la corteza	TCCZ	0.8122	0.0047	0.1527
Tallo: Color de la cara interna de la corteza	TCIC	0.4089	0.0032	0.0403
Tallo: zigzag	TZZ	0.4089	0.0032	0.0403
Tallo: Prominencia de las cicatrices foliares	TPCF	0.0161	0.5625	0.3002
Tallo: Distancia entre las cicatrices foliares	TDCF	0.3971	0.4905	0.0182
Tallo: color externo de las ramas	TCER	0.6791	0.0817	0.1779
HOJA APICAL: Color	HA	0.1347	0.2533	0.0667
HOJA APICAL:	HP	0.4089	0.0032	0.0403
HOJA: Forma del lóbulo central	HFDLC	0.4089	0.0032	0.0403
HOJA: Color	HC	0.0481	0.4587	0.0079
HOJA: Variegación	HV	0.4089	0.0032	0.0403
HOJA: Longitud del lóbulo central	HLLC	0.3142	0.1638	0.0551
HOJA: Anchura del lóbulo central	HALC	0.0795	0.1056	0.1659
HOJA: Color de los nervios	HCN	0.0478	0.0321	0.0099
PECILO: Porte en relación con el tallo	PPRT	0.4089	0.0032	0.0403
PECILO: Color	PC	0.0008	0.095	0.1128
ESTÍPULAS: Longitud	EL	0.1525	0.0693	0.0019
ESTÍPULAS: División	ED	0.4089	0.0032	0.0403

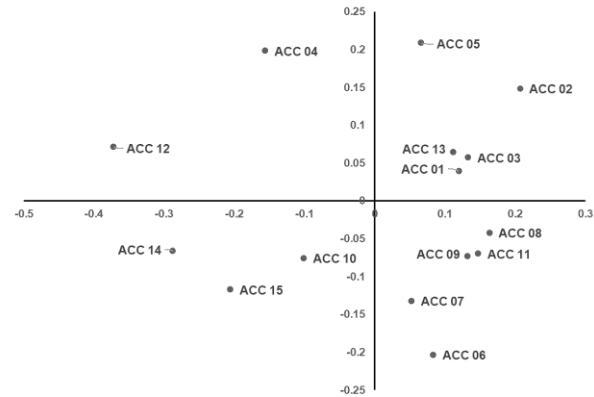


Figura 2. Dispersión de 15 accesiones de yuca recolectada en el estado de Veracruz, México con base en el primer par de dimensiones del análisis de correspondencia simple.

Conclusiones

Las 15 accesiones de yuca presentan amplia variación morfológica, por lo que se consideran un recurso genético al identificar las accesiones 2, 4 y 5 poseedoras de las mejores características de crecimiento y tienen importancia por su alto valor alimenticio.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Establecimiento del Banco de Germoplasma de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), caracterización, evaluación productiva y nutricional en el Soconusco, Chiapas” financiado por la Estrategia de Acompañamiento Técnico, Producción Para el Bienestar.

Referencias bibliográficas

1. Lyons J. B., Bredeson, J.V., Mansfeld, B.N., Bauchet, G.J., Berry, J., Boyher, A., Mueller, L.A., Rokhsar, D. S., Bart, R.S. 2021. Current status and impending progress for cassava structural genomics. Plant Mol Biol. 2022 Jun;109(3):177-191. doi: 10.1007/s11103-020-01104-w. Epub 2021 Feb 18. Erratum in: Plant Mol Biol. 2021 Apr 13;; PMID: 33604743; PMCID: PMC9162999.
2. SAS, System for Windows. 2020. SAS User's Guide Statistics, SAS Inst. Inc. Cary North Carolina USA.
3. Steel, R. G. D y Torrie H. J. 1996. Bioestadística: principios y procedimientos. Traducción Ricardo Martínez B. Revisión técnica Jesús María Castaño. 2a. ed. México: McGraw-Hill, 622 p.
4. Suárez, L. y Mederos, V. 2011. Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. Cultivos Tropicales, 32(3), 27-35. Recuperado en 07 de junio de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000300004&lng=es&tlang=es.
5. UPOV, Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. 2017. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad Mandioca Código UPOV: MANIH_ESC (*Manihot esculenta* Crantz). Ginebra.

EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE *Guazuma ulmifolia* EN UN SISTEMA BIODIVERSIFICADO.

Monserrat Chavarría¹, Cándido Enrique Guerra-Medina^{2,4*}, Maldonado-Méndez José de Jesús², José Carlos Escobar-España³, Oziel Dante Montañez-Valdez⁴

¹Estudiante, Facultad de Ciencias Agrícolas, UNACH; ²Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP;

³Facultad de Ciencias Agrícolas, UNACH ⁴Grupo de Investigación en Nutrición Animal. Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara.

*Autor para correspondencia: guerra.candido@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Arbustivas, forrajes, bovinos, trópico

Introducción

En las regiones tropicales, la actividad ganadera está limitada por la escasez de forraje que ocasiona bajos niveles de producción de leche y carne, así como bajos índices reproductivos (Solorio *et al.*, 2017). La disminución en la calidad y cantidad de forraje compromete directamente la nutrición del ganado, impactando su crecimiento, reproducción y la calidad de productos derivados como carne y leche. Esta crisis alimentaria bovina no solo amenaza la subsistencia de los ganaderos, sino que también tiene implicaciones más amplias para la cadena alimentaria. Por lo anterior, existe la necesidad por desarrollar tecnologías ecológicamente sostenibles y que sean económicamente competitivas y atractivas para el productor.

Los frutos de *Guazuma ulmifolia* se han utilizado como alimento para el ganado bovino ayudando a mantener la producción de leche y la ganancia de peso; sin embargo, el conocimiento de *Guazuma ulmifolia* en diferentes etapas en cuanto su valor nutricional, digestibilidad y producción forrajera se desconoce. Por lo anterior, la finalidad de este estudio es conocer las características de digestibilidad *in situ*, producción materia seca y características químicas de *Guazuma ulmifolia* en un sistema Biodiversificado para bovinos en pastoreo.

Objetivo

Evaluar la producción de materia seca, digestibilidad *in situ* y composición química de *Guazuma ulmifolia* en diferentes edades de rebrote.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una parcela establecida en el Banco de Germoplasma del Campo Experimental Rosario Izapa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, con coordenadas geográficas: 14.96 34 36 LN -92° 15'27"83 LO, a 382 m de altitud, el clima es cálido húmedo con lluvias en verano, con temperatura promedio anual de 25.2 °C y precipitación pluvial mayor a 3,200 mm.

En el mes de mayo de 2023, en una parcela de 2,500 m² se estableció la plantación de Guazuma en arreglo de 1.5 m entre matas y 1.5 m entre hileras a una densidad de 1,600 plantas ha⁻¹, dejando un callejón de 10 m donde se estableció pasto *Panicum maximum*. Se establecieron matas de tres meses de edad con altura aproximada de 0.5 m; a los cuatro meses del establecimiento en campo se dio corte de uniformidad a 1.1 m de altura, procurando dejar ramas de 0.30 m. Despues se inició la evaluación a 30, 45 y 60 días de rebrote, para ello al azar se determinaron tres filas y se midieron 10 plantas por fila, en total 30 plantas por periodo de tiempo. Para determinar la producción de materia seca por planta, se cortó con tijera todo el rebrote a una distancia de 30 cm del tallo principal, se depositó en bolsa de plástico y se pesó en una báscula con capacidad de 20 kg y precisión de 10 g. Para estimar la producción de materia seca, las muestras se depositaron en bolsas de papel y se secaron en estufa de aire forzado por 48 h a 60 °C, posteriormente se registró el peso final y se calculó el porcentaje de materia seca. Para estimar la producción de MS ha⁻¹ = MS por planta (kg) x 1,600 plantas.

Las muestras secas obtenidas se molieron en molino con criba de 2 mm y se colocaron en bolsas de plástico etiquetadas para su análisis correspondiente. El análisis químico proximal de las muestras se realizó en un laboratorio particular, ubicado en Aguascalientes, México. Se determinó materia seca total, proteína cruda mediante el método Kjeldahl, extracto etéreo por el método Soxhlet, fibra cruda por el método de Weende y cenizas mediante las técnicas descritas por la AOAC (2012). Las fracciones de fibra

en detergente neutro y fibra en detergente ácido (FDN y FDA) se analizaron con base en la metodología descrita por Van-Soest et al. (1991).

La digestibilidad *in situ* se realizó en dos vaquillas con alimentación a libre pastoreo y sal mineral a libre acceso, con fistula ruminal. Se depositaron aproximadamente 5 g de muestra seca en bolsas de poliseda de 10 x 15 cm, incubados en el rumen por 0, 6, 12, 24 y 48 h por triplicado. Para la producción de materia seca por planta y por hectárea, se realizó un análisis estadístico con el paquete SAS (1999). El análisis de varianza se realizó a través del procedimiento GLM y la comparación de medias de los tratamientos se llevó a cabo por la prueba de Tukey. Para el coeficiente de digestibilidad de la materia seca, los datos se analizaron aplicando la prueba T-Student para comparación entre medias, declarando diferencias significancia con $P<0.05$.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra los resultados de composición química de *G. ulmifolia*, se observa que el contenido de proteína cruda fue de 25.20% a 30 días de rebrote, disminuye a 22.73 a 45 días y 19.16 a 60 días. El follaje de Guazuma tiene alta cantidad de proteína y representa un forraje de alto potencial al incluirlo en un sistema biodiversificado; sin embargo, en la medida que aumenta el tiempo de rebrote, de 30 a 45 y 60 días, el contenido de FDN aumenta alrededor de tres unidades porcentuales. La producción de materia seca por planta aumentó 2.7 veces en el periodo de 30 a 45 días y 1.6 veces en el periodo de 45 a 60 días, la mayor producción de materia seca por planta se obtuvo a los 60 días de rebrote. Considerando el contenido de nutrientes y la producción de materia seca por planta y por ha, el tiempo óptimo de corte de *G. ulmifolia* se tiene entre los 45 y 60 días de rebrote.

Cuadro 1. Composición química y producción de materia seca de *Guazuma ulmifolia* a diferentes tiempos de rebrote, durante la temporada de secas en el Soconusco, Chiapas.

Variable	Tiempo de rebrote (días)		
	30	45	60
	g por 100 g de materia seca		
Proteína cruda	25.20	22.73	19.16
Ceniza	10.02	11.28	9.36
Grasa cruda	2.68	2.30	2.44
Fibra cruda	29.55	35.47	41.67
ELN	32.56	28.22	27.37
FDA	33.80	38.20	44.20
FDN	57.91	63.07	67.19
Producción de materia seca (g por planta)	81.64c	224.24b	365.57a
Producción de materia seca (kg por ha)	130.78c	358.4b	584.91a

ELN: extracto libre de nitrógeno; FDA: fibra detergente ácido; FDN: Fibra detergente neutro

El Cuadro 2 muestra el coeficiente de digestibilidad *in situ* de la materia seca de *Guazuma ulmifolia* cosechada a diferentes tiempos de rebrote. La mayor digestibilidad se tuvo a los 30 días de rebrote en todas las horas de incubación; la disminución de la materia seca a 45 días se puede explicar por el mayor contenido de FDN; en la medida que aumentó la edad de rebrote, se observó que disminuye el contenido de proteína cruda, aumento el contenido de FDN y disminuye la digestibilidad *in situ*.

Cuadro 2. Coeficiente de digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) de *Guazuma ulmifolia* cosechada a diferentes tiempos de rebrote (%).

Tiempo incubación h	Edad de rebrote (días)	
	30	45
48	73.27 ± 5.43a	51.76 ± 8.85a
24	58.55 ± 3.85a	44.83 ± 0.95b
12	36.77 ± 7.55a	30.77 ± 11.56b
6	29.13 ± 2.57a	22.72 ± 0.32b
0	9.12 ± 2.46a	3.92 ± 0.40b

Diferencia significativa al 0.05, con prueba T-Student.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio muestran que las características de crecimiento de *Guazuma ulmifolia* permiten implementar un manejo intensivo para la producción de forraje en Sistema Biodiversificado, con periodos de descanso entre 45 y 60 días, donde se tiene la mayor producción de materia seca, el contenido de proteína cruda se encuentra entre 19 y 22.7% y la digestibilidad *in situ* de la materia seca de 44% a 24 horas de incubación. *Guazuma ulmifolia* representa una alternativa para la producción de forraje de alta calidad nutricional durante el periodo de secas en las regiones tropicales.

Agradecimientos

Al INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, por facilitar las condiciones para que se llevara a cabo esta investigación.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Innovaciones tecnológicas para aumentar la productividad de carne de bovino en sistemas Biodiversificados en el trópico” financiado por el INIFAP.

Referencias bibliográficas

- AOAC. (2012). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical. Official Methods of Analysis (19th Edition). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, USA. Chapter 4: 1-44
- SAS. (1999). User's Guide: Statistics, version 8.0. Ed. SAS Institute, Inc., Cary N.C.
- Van-Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Solorio, F., Wright, J., Franco, J., Basu, S., Sarabia, L., Ramírez, L., Ayala, A., Aguilar, C. y Ku, J. (2017). “Silvopastoral Systems: Best Agroecological Practice for Resilient Production Systems under Dryland and Drought Conditions”. En Mukhtar Ahmed y Claudio O. Stockle (eds.), Quantification of Climate Variability, Adaptation and Mitigation for Agricultural Sustainability. Springer, pp. 233-250.

COMPORTAMIENTO FORRAJERO DE GRAMÍNEAS NATIVAS DEL ALTIPLANO TAMAULIPECO.

Jesús E. Ochoa-Lechuga¹, Jonathan R. Garay-Martínez^{2*}, Edith Ramírez-Segura³, Juan E. Godina-Rodríguez⁴, Santiago Joaquín-Cancino¹, Blas Hernández-Rodríguez⁵

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias-UAT, ²Campo Experimental Las Huastecas-CIRNE-INIFAP, ³CENID Agricultura Familiar-INIFAP, ⁴Campo Experimental Uruapan-CIRPAC-INIFAP, ⁵Instituto Tecnológico de Huejutla-TNM

*Autor para correspondencia: garay.jonathan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rendimiento de forraje, árido, semiárido, genotipos, composición morfológica.

Introducción

Las regiones áridas y semiáridas cubren más de la mitad del territorio nacional mexicano, en donde el principal problema es la poca precipitación errática existente, a pesar de ello, existe una gran riqueza florística endémica adaptada a estas condiciones entre ellas se encuentran las especies de la familia Poaceae (Ramírez-Ojeda *et al.*, 2024). En el suroeste del estado de Tamaulipas, se encuentra el Altiplano Tamaulipeco, que está conformado por cinco municipios: Miquihuana, Bustamante, Tula, Palmillas y Jaumave. Esta región se caracteriza por contar climas áridos y semiáridos y la superficie dedicada a la agricultura es de solo el 4 %, por lo que en esta región se da un enfoque mayor hacia la ganadería. En el Altiplano Tamaulipeco, predomina la caprinocultura debido a la alta capacidad que tiene el ganado en adaptarse a estas condiciones y las actividades se realizan bajo un sistema extensivo, llegando a producir aproximadamente 250 mil animales, siendo la leche y el cabrito los dos principales productos a comercializar. Por lo que, el Altiplano Tamaulipeco presenta un gran potencial para la producción de caprinos, ya que se utiliza más del 90 % de su superficie, lo que ha causado que más del 80 % de los productores pastore al ganado aproximadamente entre 6 a 9 horas diarias en los agostaderos de esta región, causando un sobrepastoreo lo cual repercute en la disponibilidad de forraja, cobertura vegetal, erosión del suelo, disminución de la diversidad vegetal, etc., (Alva-Pérez *et al.*, 2019). El Altiplano Tamaulipeco tiene una gran riqueza genética en cuanto a las gramíneas, entre ellas se encuentran los pastos: Banderita (*Bouteloua curtipendula*), Navajita (*Bouteloua gracilis*), Tempranero (*Setaria macrostachya*), Gigante (*Disakisperma dubium*), entre otros; los cuales han demostrado adaptarse a condiciones extremas, así como el sobre pastoreo y sequías, además presentan un alto contenido nutricional, además que son pastos nativos de México y presentan adaptación a estas condiciones extremas (Ramírez-Ojeda *et al.*, 2024). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento y composición morfológica de gramíneas nativas del Altiplano Tamaulipeco.

Materiales y métodos

Se realizó una colecta en el mes de noviembre 2023, seleccionando diferentes sitios en los municipios que conforman el altiplano tamaulipeco, los tratamientos evaluados fueron 8 genotipos de los géneros: *Bouteloua*, *Disakisperma* y *Setaria*, colectados en tres municipios de Tamaulipas: Miquihuana, Bustamante y Tula (Cuadro 1).

Cuadro 1. Genotipos de gramíneas nativas colectadas en municipios de Tamaulipas.

No.	Municipio	Nombre Común	Nombre Científico	Coordenadas	Altitud*
1	Miquihuana	Pasto Gigante	<i>Disakisperma dubium</i>	23.480184, -99.639345	1,701
2	Miquihuana	Pasto Banderita	<i>Bouteloua curtipendula</i>	23.484944, -99.640899	1,709
3	Miquihuana	Pasto Navajita	<i>Bouteloua gracilis</i>	23.568758, -99.709884	2,040
4	Bustamante	Pasto Banderita	<i>Bouteloua curtipendula</i>	23.469427, -99.824167	1,972
5	Bustamante	Pasto Navajita	<i>Bouteloua gracilis</i>	23.460216, -99.824105	2,057
6	Tula	Pasto Banderita	<i>Bouteloua curtipendula</i>	22.978457, -99.630866	1,281
7	Tula	Pasto Tempranero	<i>Setaria macrostachya</i>	22.977994, -99.630240	1,278
8	Tula	Pasto Gigante	<i>Disakisperma dubium</i>	22.976965, -99.630671	1,275

*Altitud, metros sobre el nivel del mar.

Al momento del muestreo todos los genotipos se encontraban en etapa reproductiva (semilla madura), se colocó un cuadrante de 1m², iniciando con 3 mediciones de altura desde la base del macollo a la punta de

la inflorescencia, se contabilizó el número de macollos dentro del cuadrante para posteriormente cosechar el forraje existente a 5 cm de altura. El forraje cosechado se pesó inmediatamente para determinar el rendimiento en forraje verde (MV). Tomando una submuestra de 150 g se separó por componente morfológico: hoja (lámina foliar + vaina), tallo, material muerto (con más del 50 % de tejido clorótico) e inflorescencia. Todas las muestras se colocaron dentro de una estufa de aire forzado (OMS60, Thermo Scientific®, USA) a 65 °C por 48 h hasta obtener el peso constante. Cada componente morfológico se pesó antes (MV) y después de secarse (MS) en una balanza analítica (CQT 2601, ADAM®, USA), para determinar el contenido de MS en kg ha⁻¹, además se estimó la relación hoja/tallo, hoja/no hoja las variables se analizaron con el procedimiento GLM (SAS Institute Inc.), en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Cuando se encontró diferencia estadística se aplicó una prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

El genotipo de pasto Gigante colectado en Miquihuana debido a su anatomía presentó la mayor altura de planta (49 cm), sin embargo, en Tula tuvo una reducción de más del 50 % (22 cm). En el caso de Banderita presentó una menor heterogeneidad entre los genotipos evaluados, por lo que, el colectado en el municipio de Tula presentó una mayor altura con 47 cm. Navajita alcanzó alturas menores en los dos municipios de Miquihuana (11 cm) y Bustamante (23 cm) a diferencia de los demás genotipos evaluados. El genotipo Tempranero registró la menor altura alcanzando 17 cm (Cuadro 2). Los genotipos Banderita y Navajita obtuvieron los mayores valores en relación con hoja/tallo y hoja/no hoja, con valores que oscilaron entre 2.5-2.7 y 0.69-0.82, respectivamente (Cuadro 2), por lo que estas dos especies podrían presentar mayor contenido de proteína cruda, debido a que este parámetro tiene una correlación positiva con la proporción de hoja (Garay *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Altura de planta y relación de la hoja con los demás componentes morfológicos en genotipos de gramíneas forrajeras del Altiplano Tamaulipeco.

Lugar de colecta	Genotipo	Altura de Planta (cm)	Relación hoja/tallo	Relación hoja/no hoja
Miquihuana	Gigante	49 ^a	1.3 ^{ab}	0.34 ^{bcd}
	Banderita	35 ^{bc}	1.6 ^{ab}	0.26 ^{cd}
	Navajita	11 ^d	1.6 ^{ab}	0.59 ^{abc}
Bustamante	Banderita	31 ^c	2.7 ^a	0.82 ^a
	Navajita	23 ^{cd}	2.5 ^a	0.69 ^{ab}
Tula	Banderita	47 ^{ab}	1.9 ^{ab}	0.88 ^a
	Tempranero	17 ^d	0.4 ^b	0.13 ^d
	Gigante	22 ^{cd}	1.9 ^{ab}	0.36 ^{bcd}

Literales diferentes entre genotipos (a, b, c, d), indican diferencia estadística significativa (Tukey; $\alpha=0.05$).

Los genotipos de Banderita presentaron los mayores rendimientos de MST, cuyos valores oscilaron entre 602 - 678 kg ha⁻¹ lo que estuvo relacionado con el alto rendimiento de hoja, donde el valor máximo fue 283 kg ha⁻¹ en el genotipo colectado en Bustamante (Cuadro 3). Los valores reportados en este estudio son bajos y se pueden atribuir a que siempre han estado bajo pastoreo a intensidades altas sin ningún tipo de manejo o labor cultural para mejorar la producción de forraje; sin embargo, se ha reportado que este pasto puede alcanzar rendimientos entre 2,000 y 3,000 kg ha⁻¹ al año con fertilización (Sáenz-Flores *et al.*, 2015). El pasto Tempranero obtuvo el menor rendimiento de MST y Hoja, alcanzando 112 y 12 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 3). El pasto Gigante obtuvo rendimientos de MST de 311 y 454 kg ha⁻¹, sin embargo, Sáenz-Flores *et al.* (2015) reportaron valores de hasta 7,000 kg ha⁻¹ de MS al año, esto bajo fertilización. En relación con el rendimiento de MS de tallo el pasto Banderita colectado en Tula registró el valor más elevado con 151 kg ha⁻¹ a diferencia del Tempranero con tan solo 34 kg ha⁻¹ de MS. Respecto a la variable de materia muerta el pasto Banderita en Miquihuana y Navajita en Bustamante presentaron el rendimiento mayor y menor con 390 y 24 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 3).

Estos dos genotipos, aunque presentaron valores altos de MS, se ha reportado que tienen la capacidad de mantener por mayor tiempo su calidad nutricional y palatabilidad, aun cuando estos entran en senescencia a diferencia del pasto Gigante que baja rápidamente su valor nutritivo (Velázquez *et al.*, 2015). Todos los genotipos se cosecharon en etapa reproductiva con semilla madura, por lo que, en inflorescencia el genotipo Banderita en Bustamante presentó el mayor valor con 119 kg ha⁻¹ de MS a diferencia de Navajita

en Miquihuana y Tempranero en Tula donde registraron valores más bajos con 25 y 22 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 3) esto se puede atribuir a que las inflorescencias presentan diferencias morfológicas y fueron diferentes en cada uno de los genotipos evaluados.

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca total (MST) y por componentes morfológicos en genotipos de gramíneas forrajeras del Altiplano Tamaulipeco.

Lugar de colecta	Genotipo	Rendimiento Materia seca (kg ha ⁻¹)			
		MST	Hoja	Tallo	Materia muerta
Miquihuana	Gigante	311 ^{b,c}	80 ^{b,c}	63 ^{b,c}	127 ^{b,c}
	Banderita	678 ^a	137 ^b	101 ^{a,b,c}	390 ^a
	Navajita	302 ^c	113 ^{b,c}	74 ^{b,c}	90 ^{b,c}
Bustamante	Banderita	645 ^a	283 ^a	106 ^{a,b}	136 ^{b,c}
	Navajita	273 ^c	111 ^{b,c}	45 ^{b,c}	24 ^c
Tula	Banderita	602 ^a	282 ^a	151 ^a	81 ^{b,c}
	Tempranero	112 ^d	12 ^c	34 ^c	43 ^{b,c}
	Gigante	454 ^b	119 ^b	67 ^{b,c}	200 ^b

Literales diferentes entre genotipos (a, b, c, d), indican diferencia estadística significativa (Tukey; $\alpha=0.05$).

Conclusiones

El pasto Banderita, fue el que obtuvo el mayor rendimiento de materia seca total en los tres sitios de colecta, posteriormente siguió el pasto Gigante alcanzando valores mayores a diferencia de Navajita por lo que el pasto Banderita y Gigante pueden ser una alternativa como fuente de forraje para la alimentación de rumiantes en el Altiplano Tamaulipeco.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento del proyecto 12563636430-Colecta, conservación y multiplicación de gramíneas nativas y leguminosas importantes en la recuperación de agostaderos en la región árida-semiárida de México.

Referencias bibliográficas

1. Alva-Pérez J., López-Corona L.E., Zapata-Campos C.C., Vázquez-Villanueva J., Barrios-García H.B. 2019. Condiciones productivas y zoosanitarias de la producción caprina en el altiplano de Tamaulipas, México. *Interciencia* 44(3):154-160.
2. Garay J.R., Estrada B., Bautista Y., Bernal-Flores A., Mendoza S.I., Martínez J.C., Sosa E., Joaquín S. 2020. Forage yield and quality of buffel H-17 and *Urochloa* hybrids at different regrowth ages under semi-arid conditions. *Grassland Science* 66(4): 277-284.
3. Ramírez-Ojeda G., Ramírez-Segura E., Barrera-Guzmán L.Á., Vázquez-González A. 2024. Ecogeography and climate change in forage grasses from arid and semi-arid regions of Mexico. *Grasses* 3(2):110-129.
4. Sáenz-Flores, E., R. A. Saucedo-Terán, C. R. Morales-Nieto, P. Jurado-Guerra, C.R. Lara-Macías, A. Melgoza-Castillo y J. A. Ortega-Gutiérrez. 2015. Producción y calidad de semillas de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua. *Tecnociencia* 9:111-119.
5. Velásquez M. M., F. J. Hernández G., J. F. Cervantes B. y H. G. Gámez V. 2015. Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. INIFAP- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. Folleto Técnico No: 5:36 p.

EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD BIÓTICA DE UN PASTIZAL EN LA TEMPORADA DE SEQUÍA AL SURESTE DE COAHUILA.

José Javier Ochoa-Espinoza^{1*}, José Antonio Hernández-Herrera¹, Luis Lauro de León-González¹, Perpetuo Álvarez-Vázquez¹ y Luz María Carballo-Flores¹

¹Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. C.P. 25084

*Autor para correspondencia: jjochae@gmail.com

Palabras clave: Integridad, pastizal, salud.

Introducción

La evaluación de la eficiencia de un sistema productivo agropecuario no se limita a la cuantificación económica, más allá, en los sistemas de producción ganaderos donde el uso de los recursos suelo y vegetación son la base de estos, es muy importante evaluar el estado de salud de los principales atributos ecológicos del sitio. En ese sentido, Pellatt *et al.* (2002) propusieron la evaluación de salud del pastizal basada en tres principales atributos ecológicos: la estabilidad del suelo, la funcionalidad hidrológica y la integridad biótica (IB). A su vez los indicadores de IB de un sitio incluyen la presencia de un grupo funcional de plantas esperado, la proporción de plantas muertas o en estado de decadencia, el porcentaje de cobertura de mantillo, la productividad anual en términos de kilogramos de materia seca por hectárea, la presencia de especies invasoras y el vigor de las plantas con énfasis en su capacidad reproductiva. Un sitio de pastizal cambia de manera dinámica su estado de salud de una temporada a otra e inclusive de un año a otro, de ahí la importancia de detectar estos cambios que en algunos casos pueden ser sutiles y en otros muy marcados. Los objetivos fueron, evaluar los cambios en los indicadores que alimentan el atributo de IB en un zacatal mediano abierto en el sureste de Coahuila, durante la temporada seca, que es cuando se esperan los valores más bajos de los atributos de la salud del pastizal y en tres escenarios de manejo, y también establecer sitios piloto para la evaluación de la salud del pastizal a largo plazo que complementen la toma de decisiones.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el rancho experimental ganadero Los Ángeles, propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el municipio de Saltillo, Coahuila. Los tipos de vegetación distintivos del rancho son el zacatal mediano abierto y el matorral inerme parvifolio; el primero compuesto de una combinación diversa de hierbas y zacates, como *Dischoriste liniaris*, *Gaura coccinea* y *Zinnia acerosa* entre otras y en el caso de las gramíneas algunas de las más representativas son *Bouteloua dactyloides*, *B. gracilis*, *Muhlenbergia torreyi* y *M. repens* entre otras; mientras para el matorral mencionado las más representativa son *Flourensia cernua* y *Buddleja scordioides*. Las elevaciones del rancho fluctúan entre los 2050 y 2400 m.s.n.m., el rango de temperatura media anual va de los 18 a los 22° C, precipitación media anual alrededor de los 310 mm, con régimen de lluvias de verano, siendo septiembre el mes más lluvioso. De acuerdo con el monitor de sequía del Servicio Meteorológico Nacional (2024), los dos ciclos de lluvia previos al período de evaluación, se registró sequía extrema entre los meses de marzo y mayo de 2021, y la intensidad de la sequía dominante en el resto del período tendió a ser moderada.

Para comparar diferentes historiales de manejo dentro del mismo rancho, se identificaron tres escenarios: el primero es un potrero donde hay colonias activas de perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) y el pastoreo es continuo y regularmente intenso (P6, obedeciendo a la numeración de los potreros del predio); el segundo y tercer escenarios se identificaron en el portero 19, con presencia de colonias activas de perrito llanero y bajo uso de pastoreo por ganado bovino (P19A), y en el último escenario no se tiene presencia de colonias de perrito llanero mexicano y el pastoreo por ganado bovino es de baja a muy baja intensidad (P19). En cada escenario se establecieron cuatro trásectos en banda de 50 metros de largo y 4 metros de ancho, en los que se evaluaron los indicadores específicos.

Pellant *et al.* (2002) proponen 17 indicadores para evaluar la salud del pastizal. Fueron seis los indicadores que proyectaron el desempeño del atributo de IB, y cada uno se evaluó como se describe: 1) Grupos funcionales (GF), se tomó en cuenta la riqueza total de especie y en base a esta se identificaron los GF dominantes y sub-dominantes, al ser un establecimiento de sitio no se calificó con el criterio de GF esperado y el análisis fue descriptivo. 2) Plantas o partes de plantas muertas y/o decadentes, dentro del transecto se

tomaron 10 sub-muestras en cuadrantes de 40x40 centímetros, donde se describieron y cuantificaron las plantas por GF dominante; se obtuvo el porcentaje de hierbas o zacates muertos, decadentes o claramente vivos. 3) el porcentaje de cobertura de mantillo se obtuvo mediante una línea de puntos establecida de longitud de 50 metros; lo mismo para la mortandad de plantas como para el porcentaje de mantillo, se determinaron diferencias estadísticas mediante un ANOVA y prueba de Tukey; 4) la producción forrajera anual, se obtuvo mediante la colecta de la biomasa aérea en cinco sub-muestras de 40x40 centímetros ubicadas aleatoriamente dentro de cada transecto en banda; la obtención de información fue en base al procedimiento estándar de colecta, estimación del porcentaje colectado, secado en estufa por al menos 48 horas y pesaje, se obtuvieron datos promedio por cada escenario de manejo y en este caso se aplicó un análisis de Kruskall-Wallis y prueba de contrastes debido a la distribución de los datos y tamaño de la muestra. 5) No se presentaron especies invasoras, y 6) el vigor con énfasis en la capacidad reproductiva de las plantas, se evaluó mediante la caracterización de ejemplares que presentaran flores, frutos o estructuras vegetativas en crecimiento o funcionales (verdes), el análisis de este indicador fue descriptivo. En la gráfica de telaraña la escala de 0 a 1 se refiere a la intensidad de ocurrencia del indicador, donde en valor cero, no ocurre y el 1 ocurre en su mayor expresión en relación a la muestra.

Resultados y discusión

Los tres escenarios muestran un comportamiento similar para GF, siendo el de las hierbas el dominante (P6= 67.8%; P19= 52.5%; P19A= 57.7%) y el sub-dominante el de las gramíneas, cuyos valores de porcentaje de riqueza fluctuaron entre 21.4 y 34.6%, el resto fueron arbustivas, en un estudio similar Ochoa (2006) reportó hasta 25 especies dentro de colonias y 16 fuera de estas en colonias de perrito llanero en Chihuahua. De los indicadores que expresaron mejor el valor de IB (Figura 1) el que tuvo mayor mortandad total de plantas fue donde el perrito estuvo ausente, que también fue el que tuvo mayor cobertura de mantillo y producción forrajera por hectárea, esta última fluctuó entre 540 y 1200 Kg/MS/Ha en colonias de perrito llanero, cuando Velázquez (2020) reportó un promedio de 930 Kg/MS/Ha también en colonias de perrito llanero (Cuadro 1). El vigor reproductivo para el GF dominante (hierbas) obtuvo el valor más bajo en el P6 (31.5%), lo que quiere decir, aunque el vigor fue bajo las plantas estaban verdes, en contraste en el P19, cuando no había perritos el 43.2% de las hierbas tuvieron un vigor alto y además estaban verdes, sin embargo, en todos los escenarios al menos el 25% de las hierbas además de tener un vigor alto, también presentaban flores y/o frutos, lo que es de destacarse en una condición de sequía prevaleciente.

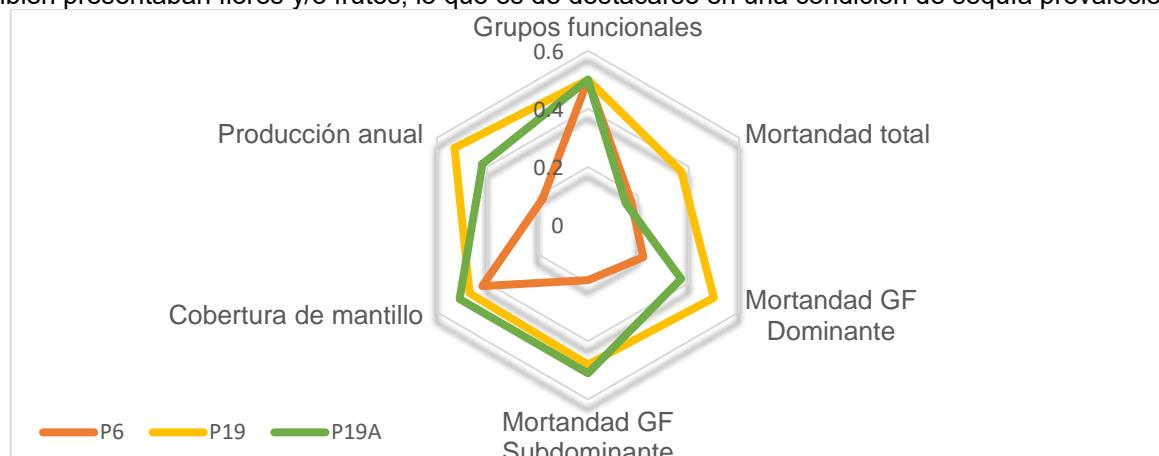


Figura 1. Comportamiento de cuatro indicadores relacionados al atributo de IB, durante la temporada seca de 2023 en tres escenarios de manejo en el rancho Los Ángeles, Coahuila.

Cuadro 1. Valores promedio y desviación estándar de los principales indicadores de IB en tres escenarios de manejo durante la temporada seca de 2023 en el rancho Los Ángeles, Coahuila.

Indicador	Unidad de medida	P6	P19	P19 A
Grupos funcionales	Riqueza de especies	28	40	26
Mortandad Total	Porcentaje de la muestra (%)	17.8 (23.8) ^a	25.6 (34.2) ^a	15.6 (24.2) ^a
Mortandad GF dominante		19.2 (13.9) ^a	48.3 (22.5) ^a	51.3 (23.5) ^a
Mortandad GF sub-dominante		22.9 (14.3) ^a	50.8 (33.3) ^a	37.9 (25.1) ^a
Mantillo	Porcentaje de la superficie (%)	28.5 (5.9) ^b	47.5 (8.7) ^a	51.5 (8.4) ^{a,c}
Producción forrajera	Kg/MS/Ha	546.2 (434.06) ^a	1603.8 (2111.7) ^{a,c}	1267.1 (1159.5) ^{b,c}

Literales iguales expresan que no hay diferencia significativa ($P<0.05$)

Conclusiones

La riqueza de especies vegetales fue mayor en el escenario sin perrito llanero y bajo pastoreo. El indicador de producción forrajera fue el más sensible al tipo de manejo y a la condición de sequía, siguiéndole la cobertura de mantillo. Si bien no expreso significancia estadística, la mortandad de hierbas y zacates en el escenario P19 sugiere que aun ante la sequía las plantas requieren de cierto nivel de utilización para renovarse, en ese sentido el escenario P6, si bien muestra menos producción de forraje, hay menor mortandad de plantas, ante el uso de ganado doméstico y fauna silvestre. El establecimiento de más sitios de referencia en el estado de Coahuila, ayudaría a entender mejor este tipo de relaciones ecológico-productivas.

Referencias bibliográficas

1. Ochoa E.J.J. 2006. Dinámica de la salud del pastizal en colonias de perrito de la pradera (*Cynomys ludovicianus*) en Janos, Chihuahua. Tesis de Maestría, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua.
2. Pellatt, m., P.L. Shaver, D.A. Pyke, J.E. Herrick, N. Lepak, G. Riegel, E. Kachergis, B.A. Newingham, D. Toledo, y F.E. Busby. 2020. Interpreting Indicators of Rangeland Health, Version 5. Tech. Ref 1734-6. U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, CO.
3. Servicio Meteorológico Nacional. 2024. Monitor de Sequía en México (MSM). Consultado en línea: 14.06.2024 <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
4. Velázquez F. A. 2020. Influencia del perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) en la producción de materia seca y diversidad de plantas en el pastizal del Sureste de Coahuila, México. Tesis de Licenciatura, División de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE PASTOS EN DIFERENTES POTENCIALES DE AGUA.

Edith Ramírez-Segura^{1*}, David Trujillo-García², Carlos Trejo², Ebandro Uscanga-Mortera², Antonio García-Esteva²

¹CENID AF, INIFAP, ²Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados.

*Autor para correspondencia: ramirez.edith@inifap.gob.mx

Palabras clave: Pastos introducidos, nativos, potencial de agua, latencia.

Introducción

La germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas son etapas críticas en el ciclo biológico de las plantas. La germinación determina el momento y el lugar del crecimiento inicial de las plántulas; y por lo tanto, la abundancia de las especies en una comunidad dada (Schütz *et al.*, 2002). Factores ambientales como la disponibilidad de agua, la temperatura y la luz, afectan la fase inicial del ciclo biológico de las plantas. La disponibilidad de agua, es el factor principal que determina la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas en ecosistemas semiáridos y áridos (Tobe *et al.*, 2005). En México, las zonas áridas y semiáridas representan aproximadamente el 70 % de todo el territorio, donde es posible encontrar especies endémicas y nativas, así como especies introducidas, cuyo centro de origen es África y Asia. Estas últimas se han diseminado a lo largo del territorio nacional, provocando el desplazamiento y reemplazo de las especies nativas, indicando que tienen estrategias y adaptaciones exitosas que les permiten invadir o sobrevivir en diferentes ambientes.

Objetivo

Determinar la germinación de semillas de tres especies nativas y una introducida de pastos en diferentes potenciales de agua generados con polietilenglicol (PEG).

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el laboratorio de Biofísica y Fisiología Vegetal Ambiental del Posgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Semillas de cuatro especies de pastos, se recolectaron durante los meses de noviembre y diciembre del 2023, en Ojuelos de Jalisco, Jalisco. Dichas especies están presentes en los pastizales de zonas áridas y semiáridas del Altiplano Potosino-Zacatecano de México y son utilizadas como forraje (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nombre común y científico de las especies evaluadas

Especie	Nombre común	Nombre científico
Nativa	navajita azul	<i>Bouteloua gracilis</i>
	banderita	<i>Bouteloua curtipendula</i>
	gigante	<i>Disakisperma dubium</i> sin. <i>Leptochloa dubia</i> *
Introducida	buffel	<i>Cenchrus ciliaris</i> sin. <i>Pennisetum ciliare</i> *

*Para estas especies se presentan los nombres científicos actuales y anteriores a fin de que el lector los identifique.

Los cariópsides fueron separados de las brácteas (glumas, lema y palea) en forma manual por fricción en un tapete de caucho corrugado, posteriormente se seleccionaron los enteros y libres de daño y se conservaron en bolsas de papel.

Se prepararon dos soluciones en concentraciones de 200 y 250 g de polietilenglicol (BioUltra 8,000 PEG, Sigma-Aldrich, Co, MO, USA) por litro de agua desionizada. Para facilitar la disolución del PEG en el agua, se colocaron en un recipiente sobre agitador magnético, a una temperatura ambiente de 27 °C durante 6 h. La concentración de las soluciones se determinó en un osmómetro de punto de congelación (OSMETTE III, Model 5010, Precision System Inc., Natick, USA), el cual fue calibrado previamente con soluciones estándares de 100, 500, 1500, 2000 mmol kg⁻¹. El potencial de agua (Ψ_A) de las soluciones de PEG-8000 se calcularon aplicando la ecuación de Van't Hoff, $\Psi_A = -C \times R \times T$, en donde C es la concentración (mol kg⁻¹), R es la constante universal de los gases (0.00831 Kg MPa mol⁻¹ K⁻¹) y T es la temperatura absoluta (°K= 273 + °C). Los potenciales calculados fueron de -1.43 (ligeramente arriba de punto de marchitez permanente (PMP) y -2.8 MPa (por debajo del PMP).

El arreglo de tratamientos fue un factorial, donde, el factor A fue la especie y los niveles fueron cuatro especies, el factor B fue el potencial de agua y los niveles fueron -0.03 (agua destilada), -1.43 y -2.8 MPa, generando 12 tratamientos. Estos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos tuvieron 4 repeticiones. La unidad experimental fue una caja Petri con 25 semillas.

Las semillas se colocaron sobre papel filtro en cajas Petri de 8.5 cm de diámetro y se les añadió la solución de acuerdo al tratamiento. Las cajas Petri se colocaron en una incubadora a una temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, en oscuridad por siete días.

Variables evaluadas

Se contabilizaron diariamente durante siete días las semillas germinadas, se consideró una semilla germinada cuando la radícula presentó al menos un mm de longitud. Con los datos se calculó la velocidad de germinación.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con R studio-2024.04.1. Se realizó análisis de varianza como un factorial y pruebas de medias (Tukey $p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

El porcentaje de germinación mostró diferencia estadística significativa entre las especies. Buffel tuvo el porcentaje de germinación más alto con respecto a navajita, banderita y gigante y entre estos tres no se observó diferencia significativa para esta variable (Figura 1A). El Ψ_A afectó el porcentaje de germinación, disminuyendo a medida que este fue menor (Figura 1B). En la interacción especie por potencial de agua también se observó diferencia significativa en el porcentaje de germinación. Gigante y navajita presentaron los porcentajes de germinación más altos en los potenciales de agua más altos y los más bajos en los potenciales menores. El Ψ_A intermedio (-1.43 MPa) tuvo un efecto similar en gigante, banderita y navajita donde la reducción de la germinación fue ligera; mientras que en el buffel incrementó la germinación con respecto al testigo (-0.03 MPa). Buffel fue el menos afectado en la germinación por efecto de los potenciales de agua (Figura 1C).

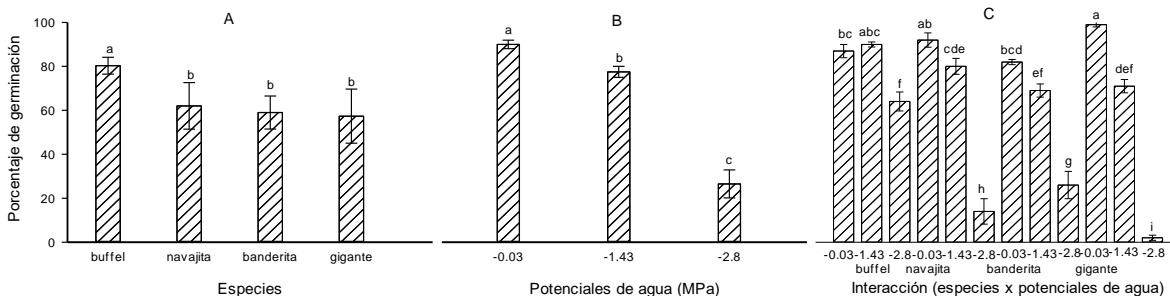


Figura 1. Efecto de la especie (A), el potencial de agua (B) y la interacción (C) en el porcentaje de germinación de un pasto introducido (buffel) y tres nativos (navajita, banderita y gigante).

De acuerdo a los resultados podemos suponer que existe una latencia muy ligera en las cuatro especies debido a que en ninguna de ellas se alcanzó el 100 % de germinación. Está documentado que la presencia de glumas, lema y palea le confieren latencia a muchas especies de pastos; sin embargo, en esta investigación se eliminaron para descartar dicho factor, se presume que por sí mismas los cariópsides tienen un porcentaje de latencia intrínseca que le impide la máxima germinación (Atkins *et al.*, 2002). Por otro lado, se observó que el buffel tiene mayor tolerancia al déficit hídrico durante la germinación en comparación a los pastos nativos. Con relación a estos, el pasto gigante tiene menor tolerancia al déficit hídrico. Lo anterior podría ser una limitante en condiciones de sequía o déficit hídrico para la germinación y establecimiento de plántulas. La velocidad de germinación fue diferente entre especies. Buffel, gigante y banderita tuvieron igual velocidad de germinación y mayor que la de navajita (3.8 vs. 2.66 semillas día^{-1} en un periodo de siete días). El potencial de agua afectó también la velocidad de germinación. Los potenciales de -0.03 y -1.43 presentaron las velocidades mayores con respecto al potencial de agua menor, -2.8 MPa (5.05 vs. 1.22 semillas día^{-1} en un periodo de siete días). En la interacción entre especies y potenciales hídricos no se observó diferencia significativa.

Los problemas de establecimiento de pastos nativos son muy diversos, estos están asociados a la calidad baja del propágulo, tamaño del fruto o semilla, preparación del terreno y condiciones ambientales, principalmente la cantidad de agua durante la germinación. Además, factores fisiológicos propios de cada especie, entre ellos el desarrollo del mesocotilo es muy importante, el cual crece para exponer al coleoptilo

a las condiciones ambientales sobre la superficie del suelo; así mismo, las raíces adventicias son producidas cerca de la superficie de este, lo cual es un problema serio en las zonas áridas y semiáridas, donde el agua siempre es una limitante (Moreno-Gómez *et al.*, 2012). De acuerdo a lo propuesto por Wilson *et al.* (1976) después de la emergencia, la raíz primaria de especies nativas rápidamente alcanza el límite superior de su capacidad para absorber agua, lo que ocasiona que esta esté por debajo de la tasa de transpiración de las hojas, dicha situación es de mayor impacto durante la sequía. La eficiencia en el uso del agua influye sobre la capacidad de establecimiento de pastos nativos, aquellos más eficientes también son más resistentes a la sequía (Mganga *et al.*, 2021), debido a que pueden mantener su crecimiento y funciones vitales incluso durante períodos prolongados de escasez de agua.

Conclusiones

La germinación del pasto buffel fue afectada ligeramente por potenciales de agua inferiores al punto de marchitez permanente, esto podría ser una estrategia favorable cuando se encuentra en condiciones limitantes de agua en el suelo. Navajita y banderita presentaron germinaciones relativamente altas en potencial de agua cercanos al punto de marchitez permanente.

Referencias bibliográficas

1. Adkins, S. W., Bellairs, S. M., & Loch, D. S. (2002). Seed dormancy mechanisms in warm season grass species. *Euphytica*, 126, 13-20.
2. Mganga K. Z., E. Kaindi, A. J. Ndathi, L. Bosma, T. Kioko, N. Kadenyi, ... and N. K. Musimba. (2021). Plant morphoecological traits, grass-weed interactions and water use efficiencies of grasses used for restoration of African rangelands. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 8, 613835.
3. Moreno-Gómez B., E. García-Moya, Q. Rascón-Cruz y G. A. Aguado-Santacruz. (2012). Crecimiento y establecimiento de plántulas de *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths y *Eragrostis curvula* var. conferta Stapf bajo un régimen simulado de lluvia. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(4), 299-308.
4. Schütz, W., Milberg, P., & Lamont, B. B. (2002). Germination requirements and seedling responses to water availability and soil type in four eucalypt species. *Acta Oecologica*, 23(1), 23-30.
5. Tobe, K., Zhang, L., & Omasa, K. (2005). Seed germination and seedling emergence of three annuals growing on desert sand dunes in China. *Annals of Botany*, 95(4), 649-659.
6. Wilson A., D. Hyder and D. Briske. (1976). Drought Resistance Characteristics of Blue Grama Seedlings. *Agronomy Journal*, 68(3), 479-484.

CEBADA FORRAJERA CON ARISTA LISA, UN ECO TIPO CON CARACTERÍSTICA DESEABLE PARA USO PECUARIO.

Juan Becerra Becerra^{1*}, América A. Luna Estrada¹, Ricardo Basurto Gutiérrez¹

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Ajuchitlán, Colón, Qro.

*Autor para correspondencia: becerra.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cebada, producción, forraje.

Introducción

La cebada es el cuarto cereal de mayor importancia a nivel mundial. En México, se cultiva principalmente en la región de los Valles Altos; en los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México (SIAP, 2022). Su uso como forraje para el ganado está limitado después de la etapa de espigado debido a la presencia de escamas, o "espinillas" en la arista o barba de las glumillas, las cuales pueden ocasionar irritación o lesiones en la cavidad oral y faringe de los animales. Una alternativa práctica para su uso como forraje es el cultivo de variedades o ecotipos con arista lisa; la ausencia de escamas, o "espinillas" se debe a mutaciones genéticas (Zhang *et al.*, 2014). En 2021, en el banco de germoplasma de especies forrajeras de clima templado, del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIDyFMA); del Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), fue seleccionado un ecotipo de cebada con "arista lisa" partir de la variedad forrajera comercial "Maravilla". Esta variedad fue desarrollada por el INIFAP y se caracteriza por su alto potencial de rendimiento, precocidad y adaptación a las condiciones de temporal (Zamora *et al.*, 2017). Este ecotipo seleccionado se caracterizó por poseer una arista flexible y lisa o libre de dientes. Durante los años 2022 y 2023 se realizó la depuración de este ecotipo, a través de la selección por planta para multiplicar la semilla. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue comparar el rendimiento de forraje de este ecotipo de seleccionado, con su progenitor la variedad comercial "Maravilla".

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el banco de germoplasma del CENIDyFMA, en Ajuchitlán, Colón, Qro. ($20^{\circ} 41' 40.6''$ N; y $100^{\circ} 00' 48.2''$ O); que cuenta con clima semiseco templado, altitud de 1867 m s.n.m, temperatura media anual de 17.4°C y precipitación anual de 574 mm. Debido a la escasez de semillas del ecotipo seleccionado, la siembra se realizó en invernadero en vasos de 300 ml, con 10 cariópsides por vaso. Tres semanas después, el contenido de los vasos se trasplantó a parcelas de 4.2 m^2 ($1.2 \times 3.5 \text{ m}$), en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento. En cada parcela, el contenido de los vasos se alineó en tres hileras con 40 cm de separación entre hileras y 35 cm entre conjuntos de plantas. Todas las parcelas se mantuvieron sin restricción de humedad, usando un sistema de riego por goteo con dos cintillas por parcela. Los riegos se realizaron de cinco a seis horas por día, dos veces por semana durante el periodo de estudio, y no se aplicaron fertilizantes ni pesticidas. El área útil de cada parcela fue de 1.4 m^2 ($0.40 \times 3.5 \text{ m}$) y consistió en los 3.5 metros lineales de la hilera central de la parcela. La cosecha se efectuó cuando el grano alcanzó la madurez fisiológica. Las variables evaluadas fueron: altura de la espiga (m), altura de la última hoja (cm), largo y ancho de la penúltima hoja (cm y mm, respectivamente) y producción de forraje. Los cortes del forraje se hicieron a 5 cm del suelo y se obtuvieron muestras de 500 g (secadas en estufa de aire forzado a 55°C , al menos durante 48 h), para estimar la producción de materia seca (MS t/ha) y la tasa de asimilación neta (TAN). Estos valores se calcularon mediante la fórmula $\text{TAN} = \text{Producción MS/días al corte (g MS/d/m}^2)$. El análisis estadístico se realizó con el procedimiento SAS, utilizando un modelo para un diseño de bloques al azar.

Resultados y discusión

Las variables evaluadas en los dos cultivares no presentaron diferencia significativa ($p>0.05$) (Cuadro 1). La producción de forraje seco fue de 17.1 para el cultivar de "espiga lisa" y de 18.6 t/ha para la variedad "Maravilla" de espiga aserrada. Estos rendimientos fueron superiores a los reportados por Catrileo *et al* (2003), que obtuvieron valores de 15.9 y 14.1 t MS/ha; al cosechar en etapa de grano harinoso y madurez fisiológica, respectivamente. Los valores obtenidos en la presente prueba fueron similares a los de Ticona *et al* (2016), al utilizar riego por aspersión. Por otra parte, Zamora *et al.* (2017) y Torres *et al* (2019) tuvieron

rendimientos de forraje entre 8 y 12 t MS/ha en sistema de riego; valores que son inferiores a los del presente estudio.

Cuadro 1. Producción de forraje y características de los cultivares de cebada.

Genotipos de cebada	Producción MS (t/ha)	Días a cosecha	TAN* (kg MS/d/m ²) **	Altura de la espiga (cm)	Altura de la última hoja cm	Penúltima hoja	
						Ancho (mm)	Largo (cm)
Maravilla Arista con escamas o espinillas	18.67	90	20.7	78	60	22	29
Ecotipo con Arista lisa	17.19	90	19.1.	95	77	26	29
Valores de significancia	0.079	na	0.075	0.063	0.037	0.057	4.2
Coefi. de var del ANOVA	3.0	na	2.9	6.2	5.9	5.1	2.8

kgMS/d/m²= kg de materia seca por día por metro cuadrado; *TAN = tasa de asimilación neta.

En cuanto a los valores de altura de la espiga, altura y ancho, y largo de la penúltima hoja; así como la tasa de asimilación neta, no fueron diferentes entre los dos cultivares ($p>0.05$). De igual modo, permaneció constante la característica fenotípica de arista no aserrada; lo cual, indica que seguramente ocurrió algún cambio a nivel genético que permite la expresión fenotípica de la arista no dentada y que es deseable para la alimentación del ganado.

Conclusiones

Los resultados indicaron que la expresión fenotípica del ecotipo seleccionado con “arista lisa” no afectó el rendimiento de forraje en sistema de riego. Por tanto, es una buena opción para la producción de forraje sin que represente problemas de embarillado, cuando se desea obtener el mayor rendimiento y calidad de forraje en las etapas de grano a madurez fisiológica.

Fuente financiadora

Los resultados que aquí se presentan son parte de las actividades realizadas en el proyecto No. 229445029, “Banco de Germoplasma, Recursos Genéticos de Forrajes de la Zona Templada”; con recursos fiscales del INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. Catrileo SA, Rojas GC, Matus CJ. 2003. Evaluación de la producción y calidad de cebada sembrada sola y asociada a especies forrajeras para la producción de ensilaje. Agric. Téc Chillán abr. 63(2). Disponible: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072003000200003. (Consultado junio 2024).
2. Ticona G O, Céspedes R, Martínez ZN, Chipana G. 2019. Aplicación de biol y riego por aspersión en la producción de cebada forrajera (*hordeum vulgare*) en el municipio de VIACHA. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 10(5).
3. Torres TMA, Zamora VVM, Colín RM, Foroughbakhch PR, Ngangyo HM. 2019. Caracterización y agrupamiento de cebadas imberbes mediante sensores infrarrojos y rendimiento de forraje. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 10(5). Disponible: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000501125&script=sci_abstract. (Consultado mayo 2024).
4. Zamora DM, Pérez RJ, Huerta ZR, López CM, Gómez MR. 2017. Maravilla: variedad de cebada forrajera para Valles Altos de México; Rev. Mex. Cienc. Agríc. 8(6):1449-1454. Disponible: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n6/2007-0934-remexca-8-06-1449.pdf>. (Consultado junio 2024).
5. Zhang G, Yu G, Zhao Y, Li C, Gao S, Cai H, Zhu H. 2014. La diversidad genética de la morfología de las aristas en la cebada (*Hordeum vulgare L.*). In: Advance in Barley Sciences; Actas del XI Simposio Internacional de Genética de la Cebada. 351-356. Springer, Dordrecht.

EVALUACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS COMBIANDOS CON FERTILIZANTE QUÍMICO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE MAÍZ DE TEMPORAL.

Luis Eduardo Arias-Chávez^{1*}, Primitivo Díaz-Mederos¹, Jorge Humberto Villarreal-Rodas¹ y Juan Francisco Pérez-Domínguez¹

¹Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco CIRPAC-INIFAP,

*Autor para correspondencia: arias.luiseduardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Maíz, forraje, calidad nutricional, abonos orgánicos.

Introducción

La capacidad productiva del suelo depende del uso continuo de prácticas de nutrición vegetal y de mejoramiento del suelo, incluyendo prácticas agroecológicas. El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico / materia orgánica y fertilizantes minerales, ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo (Gómez y Huerta 2015). Los abonos orgánicos incrementan la capacidad de retención de humedad del suelo; la materia orgánica por su alta porosidad, es capaz de retener una cantidad de agua equivalente a 20 veces su peso, mejora la porosidad del suelo, lo cual facilita la circulación del agua y del aire a través del perfil del suelo (Murray *et al.*, 2011). En la actualidad los productores de maíz demandan información sobre otras opciones tecnológicas que les permitan reducir los costos por concepto de fertilizantes, sin que se afecte negativamente la producción. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de abonos orgánico combinado con fertilizantes químico sobre el rendimiento y calidad nutricional del forraje de maíz de temporal en la región de los Altos de Jalisco.

Objetivos

1. Evaluar y validar el efecto de los diferentes tratamientos de fertilizante orgánico y químicos sobre el rendimiento y calidad nutricional del forraje de maíz.
2. Generar información a nivel local que permita ofrecer a técnicos y productores el soporte técnico sobre el efecto de los fertilizantes orgánicos que utilizan los productores en el cultivo de maíz.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en el verano del 2023 en Campo Experimental Centro- altos de Jalisco (CEAJAL-INIFAP) por segundo año consecutivo. Se ubica a 1795 msnm en Tepatitlán de Morelos, Jalisco. El clima es clasificado como subtropical subhúmedo semiseco, semicálido, con invierno benigno (Ruiz *et al* 2007). La temperatura media anual es de 19°C, con máxima de 30.5°C y mínima de 7.6°C. El régimen de lluvias se registra entre los meses de junio, Julio y agosto contando con una precipitación media anual de 875 mm. El suelo es considerado como luvisol férrico (FAO, UNESCO); de pH 5.5; M.O. 1.13; Fe, Mn, Zn y Cu, entre altos y muy altos. La agricultura es de temporal, su principal cultivo es el maíz cuyo producto se utiliza como grano o forraje para la alimentación de ganado por la alta vocación que tiene la región para la producción de leche de bovino. Se evaluaron 12 tratamientos que incluyen insumos orgánicos que están utilizando los técnicos del programa producción para el bienestar (PpB) para la producción de grano y forraje de maíz, comparados con tres testigos: el tratamiento de fertilización química recomendado en la región y dos testigos orgánicos comerciales. La unidad experimental fue de 8 surcos de 6 m de longitud y distancia entre surcos de 80 cm. El diseño Experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. El manejo del suelo, plagas y malezas fue convencional en la región (Chuela *et al*; 2011).

La siembra fue el 26 de junio de 2023. Se utilizó el híbrido NK858W. Se registraron los rendimientos de forraje, altura de planta, proporción de elote y forraje, además de la composición y calidad nutrimental del forraje. Se determinó la fertilidad del suelo previo muestreo a la siembra y fue registrada la precipitación pluvial. Las muestras de forraje fueron analizadas mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR). El potencial de producción de leche por hectárea se determinó con el modelo MILK 2006. Se realizó un análisis de varianza ($p < 0.10$) bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y la comparación de las medias con la prueba de diferencia mínima significativa.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados y cantidades de fertilizante químico y orgánico aplicados por etapa vegetativas en el cultivo de maíz.

No.	TRATAMIENTO	ALA SIEMBRA	V3-V4	V6	V8-V10
1	119-69-00 + NF 40 L	150 kg DAP	NF 20 L/ha	200 kg Urea	NF 20 L/ha
2	119-69-00 + NB 40 L	150 kg DAP	NB 20 L/ha	200 kg Urea	NB 20 L/ha
3	119-69-00 + ND 40 L	150 kg DAP	ND 20 L/ha	200 kg Urea	ND 20 L/ha
4	119-69-00 + SM 40 L	150 kg DAP	SM 20 L/ha	200 kg Urea	SM 20 L/ha
5	119-69-00 + LL 40 L	150 kg DAP	LL 20 L/ha	200 kg Urea	LL 20 L/ha
6	119-69-00 + HU 600 kg +LL 40	150 kg DAP	HU 600 kg/ha	200 kg Urea	LL 40 L/ha
7	119-69-00 + AH 40 L	150 kg DAP	AH 20 L/ha	200 kg Urea	AH 20 L/ha
8	Testigo Químico (240-96-00)	200 kg DAP	-	225 kg Urea	220 kg Urea
9	NF 80 L	-	NF 40 L/ha	-	NF 40 L/ha
10	SM 40 L	-	SM 20 L/ha	-	SM 20 L/ha
11	Testigo Comercial 1	230 kg Reforzada®	2 L Microlabranza®+ 2 L Suplan®	10 L Nitrifoliar®+ 2 L Sufruto®+ 250 Urea	10 L Nitrifoliar®+ 2 L Sufruto®
12	Testigo Comercial 2	400 kg Reforzada®	2 L Microlabranza®+ 1 L R1® + 2 L CV®	5 L NN2 + 4 L CV + 1 L A1+ 250 kg Urea	10 L NN2 + 1 L A1 +2 L CF

NF: Nutrifish; **NB:** Nutribond; **AH:** Acidos Húmicos; **ND:** Nutri Degollado; **SM:** Supermagro; **LL:** Lixiviado Lombriz INIFAP; **HU:** Humus INIFAP.

Resultados y discusión

En el contenido de materia seca a la cosecha, rendimiento de forraje verde y seco, así como en la proporción de forraje y mazorca no hubo diferencias significativas ($p<0.10$) entre tratamientos con medias de 53.5%, 29.4 t/ha, 16.3 t/ha, 57.4% y 42.6%, respectivamente (Cuadro 2). La media de rendimiento forraje seco fue inferior a lo reportado en otros trabajos en la región de estudio (Arias *et. al*, 2023; Diaz *et. al*; 2023); sin embargo, el temporal de lluvias 2023 fue limitado al final del ciclo en la etapa del llenado de grano (Figura 1), situación que pudo haber afectado el rendimiento del cultivo (Chuela *et al*, 2011).

Cuadro 2. Rendimiento de forraje y calidad nutrimental del forraje.

TRT	MS (%)	RMV (t/ha)	RMS (t/ha)	PROPORCIÓN (% BS)		PC	FDA	FDN	ALM	ENL Mcal/kg	dFDN30 h (%FDN)	LECHE t/ha
				FORRAJE	MAZORCA							
1	60.6	25.6	15.5	61.3	38.7	8.03abc	28.6bc	47.4	26.3a	1.44	54.7	17.8
2	53.3	31.2	16.7	58.0	42.0	7.96abc	28.6bc	47.3	24.4a	1.45	53.9	19.6
3	51.8	26.9	16.8	59.3	40.7	7.80bcd	28.8bc	48.1	24.5a	1.46	56	20.5
4	51.5	29.8	15.3	57.7	42.3	8.16abc	28.0bc	46.9	25.8a	1.46	54.9	18.2
5	58.7	29.7	17.5	53.7	46.3	8.23abc	28.4bc	48.0	25.6a	1.45	55.5	20.6
6	55.7	27.9	15.6	54.7	45.3	7.90abc	30.3b	49.8	23.0a	1.41	53.4	17.4
7	52.8	29.5	15.6	57.0	43.0	7.63cd	28.2bc	47.6	25.0a	1.47	55.8	18.7
8	48.8	33.9	16.6	52.0	48.0	7.90abc	26.4c	45.1	26.8a	1.5	57.2	20.8
9	52.5	30.5	16.0	55.3	44.7	6.60e	27.7bc	46.3	26.7a	1.49	57.4	19.6
10	51.9	30.8	16.0	56.0	44.0	7.20de	28.5bc	47.9	25.7a	1.47	55.7	19.1
11	57.9	33.4	19.3	54.3	45.7	8.50ab	27.9bc	47.6	25.5a	1.45	56.7	22.8
12	46.3	23.4	14.9	69.0	31.0	8.56a	35.1a	56.3	12.0b	1.32	52.5	15.3
dms	ns	ns	ns	ns	ns	0.74	3.79	ns	7.27	ns	ns	ns

RMV= Rendimiento de materia verde (t/ha), **RMS=** Rendimiento de materia seca (t/ha), **MS=** Contenido de materia seca a la cosecha (%), **PC=** Proteína cruda (% MS), **FDA=** Fibra detergente ácido (% MS), **FDN=** Fibra detergente neutro (% MS), **dFDN30=** Digestibilidad de FDN a las 30 h (% FDN), **ALM=** Almidón (% MS), **ENL=** Energía neta de lactación (Mcal/kg MS), **LECHE t/ha=** Potencial de producción de leche por hectárea (t/ha) **dms=** Diferencia mínima significativa ($p<0.10$) **ns=** no significativo

El contenido de proteína cruda en forraje fue superior ($p>0.10$) en el Tratamiento 12 a los tratamientos 3, 7, 9 y 10 (Cuadro 2). El contenido alto de FDA y bajo de almidón del tratamiento 12 son estadísticamente diferentes ($p>0.10$) al resto de tratamientos, esto puede deberse a que en este mismo tratamiento los porcentajes de forraje (69%) fueron altos y bajos en mazorca (31%).

En el contenido de energía neta de lactación, digestibilidad de la FDN y potencial de producción de leche por hectárea no hubo diferencias significativas ($p<0.10$) entre tratamientos con medias de 1.45 Mcal/kg MS, 55.3% y 19.28 t/ha, respectivamente (Cuadro 2).

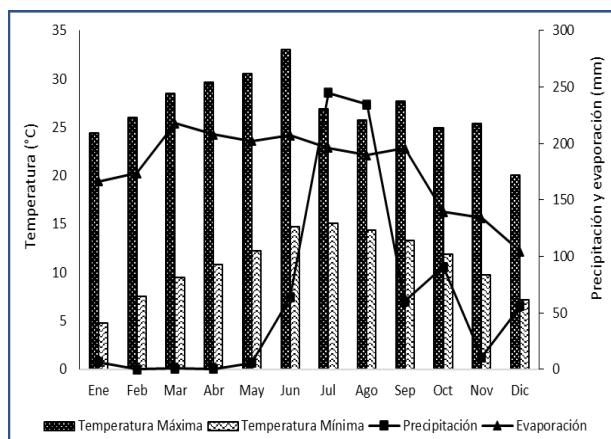


Figura 1. Datos climatológicos. Estación C.E. CEAJAL, 2023

Con el resultado de análisis se puede constatar que el suelo tiene características típicas de problemas de retención de elementos, es ácidos y con altos contenidos de manganeso y fierro (Figura 2). Lo anterior, son factores que pudieran influir en la dificultad para la absorción de elementos por la planta.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos por segundo año consecutivo, se corrobora que el uso de abonos orgánicos combinado con fertilizante químico mantiene el rendimiento y calidad nutrimental del forraje de maíz al reducir 25 % el fertilizante fosfórico y el 50 % nitrogenado de la fertilización química (240-96-00) típicamente recomendada en la región.

Agradecimiento

Se agradece al proyecto Estrategia de Acompañamiento Técnico del Programa Producción para el Bienestar, por el apoyo para la realización del presente trabajo.

Referencias bibliográficas

1. Arias-Chávez LE, Díaz-Mederos P., Palacios-Corona V., Villarreal-Rodas JH, Pérez-Domínguez JF. 2023. Evaluación de productos abonasa® para disminuir la fertilización química en la producción de forraje y grano de maíz. Agroevento. CNRG-INIFAP pag. 69-63.
 2. Chuela B. M., Alemán M. V., Ramírez D. J. L., Ramírez Z. R., Soltero D. L. Ledesma M. A. 2011. Guía para producir maíz de temporal en el estado de Jalisco. Folleto técnico Núm. 11. INIFAP-CIRPAC Campo experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos Jalisco, México.
 3. Gómez-Álvarez, R. y Huerta-Lwanga, E. (2015). El abono en la base de los cultivos orgánicos. Ecofronteras, Vol.19, Núm. 55, pp. 18-20, ISSN 2007-4549.
 4. Murray, R., Bojórquez, J., Hernández, A., Orozco, M., García, J., Gómez, R., Aguirre, J. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. Revista Biociencias, 1(3), 27–35.

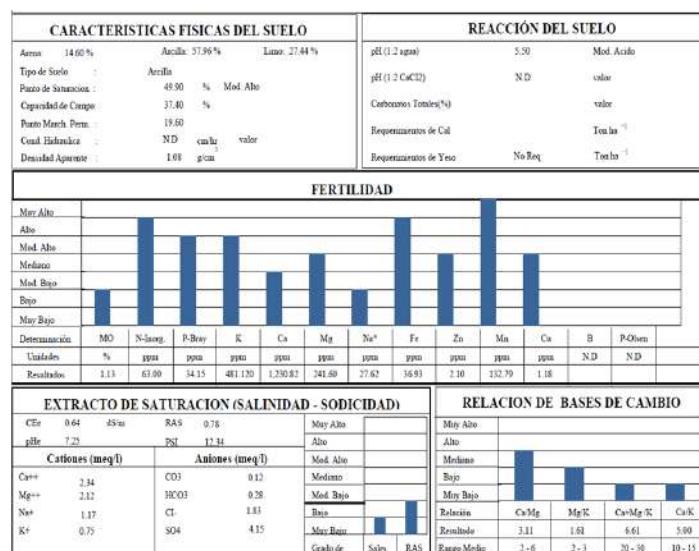


Figura 2. Características fisicoquímicas del suelo en C. E. GEAJAL 2023

el suelo tiene características típicas de problemas de déficits de manganeso y fierro (Figura 2). Lo anterior, son la absorción de elementos por la planta.

ANÁLISIS DE TEMPERATURA DEL SUELO EN BOSQUE DE ENCINO MEZCLADO CON PASTIZAL Y PASTIZAL AFRICANO.

Héctor Ramírez-Garduño^{1*}, David E. Hermosillo-Rojas², Gabriel Sosa-Pérez¹, Pedro Jurado-Guerra¹, Rosalba Hinojos-Chaparro³.

¹Campo Experimental La Campana, INIFAP, ²Estudiante de Doctorado, UACH, ³Universidad Tecnológica de la Tarahumara.

*Autor para correspondencia: ramirez.hector@inifap.gob.mx

Palabras clave: Estrés hídrico, humedad del suelo, interpolación.

Introducción

La temperatura del suelo es uno de los factores más importantes que afecta el crecimiento de las plantas y la salud del ecosistema. El movimiento del agua-suelo, la disponibilidad de agua-suelo, evaporación y aireación también son controladas por la temperatura del suelo (Lal y Shukla, 2008). El calor almacenado cerca de la superficie del suelo tiene una fuerte influencia en la evaporación. Es decir, las diferencias en los gradientes de temperatura influyen en el movimiento del agua dentro de la matriz del suelo. Junto con la humedad del suelo, la temperatura superficial del suelo es una pieza clave en el calentamiento de la superficie y el balance hídrico ya que esta determina los flujos de la radicación de onda larga resultando en el intercambio de calor latente (ej. evapotranspiración). Por lo tanto, los cambios en la temperatura superficial del suelo afectan la humedad del suelo y viceversa (Lakshmi et al. 2003). Martínez-González et al. (2010) observaron que existe una variación significativa en la temperatura del suelo entre aquellos con cobertura viva y aquellos sin cobertura. La presencia de cobertura vegetal actúa como un aislante, reduciendo la transferencia de calor entre el suelo y la atmósfera. Por otro lado, la ausencia de cobertura vegetal permite que el suelo absorba directamente la radiación solar, resultando en temperaturas más altas.

Objetivo

Analizar las diferencias de la temperatura del suelo entre un bosque de encino mezclado con pastizal y pastizal africano.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Rancho Experimental La Campana del INIFAP localizado en el km 80 carretera Panamericana. El sitio de estudio se encuentra dentro de la sierra del nido a una altura de entre 1500 a 1800 msnm. El promedio anual de precipitación (2017-2023) es de 244 mm y temperatura media anual de 12 y 17 °C. La vegetación se compone mayormente de zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*), *Muhlenbergia* spp y encino (*Quercus arizonica*). La clasificación de los suelos es de tipo Regosol esquelético de textura gruesa y superficie pedregosa y Feozem epiesquelético de textura gruesa y superficie pedregosa (SIATL V4). La textura de los suelos es franco-arenosa y arenofrancosa.

La temperatura del suelo se midió a 3.5 cm de profundidad (Ts) y sobre la superficie (Tsup) a 1 cm de altura con dos termómetros Brannan (Lo-tox™) en 20 puntos aleatorios dentro del polígono del encino mezclado con pastizal y 20 puntos en el polígono de pastizal africano. Cada polígono tuvo un área de 200 ha. Los puntos aleatorios tuvieron una distancia de 300 m entre cada uno y se realizaron con el software QGis 3.28.1. En cada punto de muestreo, se insertó el termómetro dentro del suelo y se colocó el otro termómetro sobre de la superficie del suelo. Se dejaron por cinco minutos hasta que la temperatura en el termómetro se estabilizara. En el polígono del encino, se colocaron debajo de la copa del árbol y en el pastizal debajo de la materia orgánica. El muestreo se realizó una vez por mes de enero a junio de 2024. Se recolectaron datos de precipitación de una estación meteorológica dentro del polígono de encinos. Para una mejor representación de los datos, se realizó una interpolación con el método Inverse Distance Weighting (IDW) con el SIG ArcMap 10.5.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para comparar la Ts vs Tsup de encinos y pastizal, Ts encino vs Ts pastizal, Tsup encino vs Tsup pastizal y Ts vs Tsup x mes x tipo de vegetación. Para los análisis, se utilizó SigmaPlot 12. Se reportan las medias y error estándar (E.E) con un nivel de P < 0.05.

Resultados y discusión

La precipitación de enero al 13 de junio fue de 43.4 mm con solo un evento de 29.5 mm (27 de febrero) antecedido por un evento de 9 mm (10 de enero). Los demás eventos de precipitación han sido dispersos menores a 5 mm. Por otra parte, la temperatura ambiental aumento conforme avanzó el año. Se registraron temperaturas mínimas de 5 °C (enero) y máximas de 31°C (junio).

Para el bosque de encino mezclado con pastizal, la Ts y la Tsup fueron estadísticamente diferentes ($P = 0.02$). La temperatura superficial del suelo fue mayor (29.18 E.E. 0.79 °C) vs. Ts (26.46 E.E. 0.80 °C). Es decir., 2.7 °C menos debido a la sombra y hojarasca debajo de la copa del árbol. En el pastizal, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre la Ts (38 E.E. 0.74 °C) y Tsup (39 E.E. 0.78 °C) como resultado de la nula existencia de sombra y una delgada capa de mantillo que cubrió el suelo. Por otra parte, la Ts fue diferente ($P < 0.001$) entre el encino (26.46 E.E. 0.80 °C) y pastizal (38.04 E.E. 0.78 °C). Esta representó una diferencia de 11.6 °C más fresco debajo de los encinos comparado al pastizal el cual recibe la mayor radiación solar durante el día. Similar a la Ts, la Tsup fue diferente ($P < 0.001$) entre el encino (29.19 E.E. 0.79 °C) y pastizal (39 E.E. 0.78 °C) con una diferencia de 10.19 °C más fresco debajo de los encinos.

El análisis de Ts vs Tsup x mes x tipo de vegetación reveló diferencias significativas ($P < 0.05$) en los meses de enero, febrero, marzo, abril y junio en el polígono del encino, y únicamente en mayo para el pastizal (Figura 1). Ts y Tsup mostraron una tendencia similar (ascendente) conforme aumentó la temperatura ambiental durante los meses, siguiendo el ciclo anual de temperatura (Lal y Shukla, 2008). De enero a marzo, en el encino, Ts y Tsup siguieron la tendencia de la temperatura ambiental, mientras que en el pastizal mantuvieron una línea horizontal. A partir de abril, las temperaturas en el pastizal aumentaron drásticamente, mientras que en el encino aumentaron acorde a la temperatura ambiental.

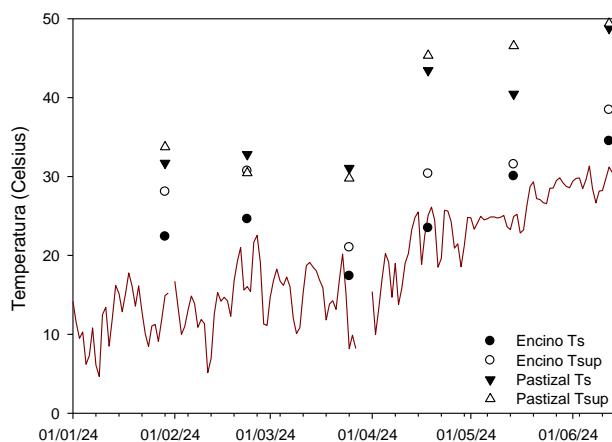


Figura 1. Comparación de temperatura ambiental (línea roja oscuro), temperatura del suelo (Ts) y temperatura superficial (Tsup) por tipo de vegetación durante los días de muestreo.

La interpolación de los datos mostró que la Tsup y Ts tendió a ser mayor en la zona con más densidad de encinos (parte centro del polígono) y tendió a ser menor en el lado izquierdo inferior y parte superior del polígono (Figura 2). El estado de Chihuahua atraviesa por un período de sequía extrema desde noviembre del 2023 a la fecha (NADM). Como respuesta al estrés hídrico el encino tira la hoja para protegerse de la sequía y disminuir la transpiración. Como resultado, la radiación solar pasa a través de la copa del árbol aumentando la temperatura. Por otra parte, la Tsup y Ts del suelo tendió a ser mayor en las áreas con menos pastos (suelo desnudo) como se muestra en la parte superior e inferior del polígono del pastizal (Figura 2). La humedad superficial del suelo (3. 8 cm) ha sido menor a 1.5 % incluso menor al 4% a 30 cm de profundidad en ambos tipos de vegetación (datos no mostrados) como respuesta a las altas temperaturas y posible evaporación del suelo.

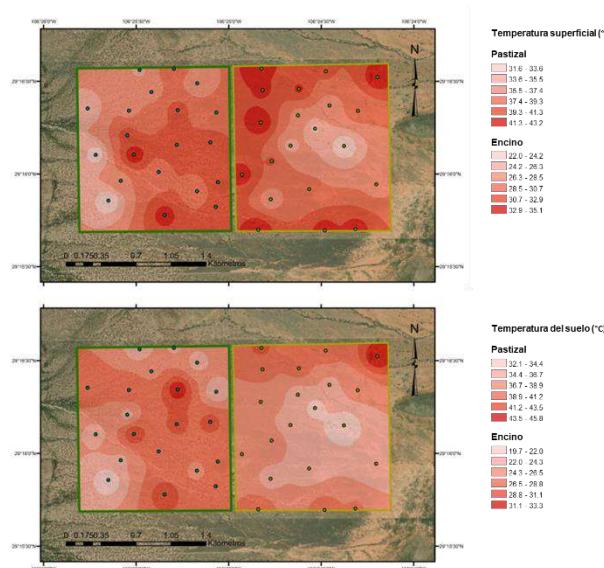


Figura 2. Interpolación de las medias de temperatura de enero a junio en el encino (polígono verde) y pastizal (polígono amarillo oscuro).

Conclusiones

La sequía extrema que atraviesa la región ha provocado la disminución en la cobertura de la copa del árbol. Como resultado, en áreas con altas densidades de encino, la temperatura tiende a ser mayor debido a la defoliación. La baja humedad del suelo, con niveles inferiores al 4 %, exacerbó la situación, demostrando el impacto del estrés hídrico en ambos tipos de vegetación. Sin embargo, los encinos ofrecen un microclima más fresco comparado a los pastizales, aunque ambos ecosistemas están severamente afectados por la sequía y las altas temperaturas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos el apoyo de Efraín Valverde, encargado del rancho, por facilitar las instalaciones para realizar el estudio y colecta de datos de precipitación. Agradecemos el apoyo financiero otorgado mediante los recursos fiscales 2023-2024 por parte del INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. Lal, R., y Shukla, M. K. 2004. Principles of soil physics. CRC Press.
2. Lakshmi, V., Jackson, T. J., y Zehrfuhs, D. 2003. Soil moisture–temperature relationships: results from two field experiments. Hydrological processes, 17(15), 3041-3057. Martínez-González, F., Sosa-Pérez, F., & Ortiz-Medel, J. 2010. Comportamiento de la humedad del suelo con diferente cobertura vegetal en la Cuenca La Esperanza. Tecnología y ciencias del agua, 1(4), 89-103.
3. NADM (North American Drought Monitor). Accesado en junio de 2024. <https://droughtmonitor.unl.edu/nadm/home/NADMByArea.aspx?MX06>
4. SIATL V4 (Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. Accesado en junio de 2024. https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#close2

DISTRIBUCIÓN DEL ZACATE ROSADO (*Melinis repens*) EN PATIZALES DE CHIHUAHUA.

Alicia Melgoza-Castillo^{1*}, Carmelo Pinedo Álvarez¹, Nathalie S. Hernández Quiroz¹ y José Humberto Vega Mares¹

¹Cuerpo Académico Recursos Naturales y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua,

* Autor para correspondencia: amelgoza@uach.mx

Palabras clave: Especies invasoras, pastizales de Chihuahua, servicios ecosistémicos.

Introducción

El zacate rosado (*Melinis repens*) es una especie considerada como maleza a nivel nacional⁽¹⁾ y mundial⁽²⁾. En una revisión sobre esta especie se resume lo que he realizado principalmente en México sobre esta especie⁽³⁾; sin embargo, aún falta por conocer las características que hacen a esta especie una exitosa invasora. Aunado a esto es importante la difusión del conocimiento sobre esta especie entre el público en general. En EUA, diversas instituciones federales y universidades estatales cuentan con servicios de extensión que llevan a cabo una difusión de cuales plantas son consideradas invasoras y métodos de control^(4,5). Para EUA se reportan más de 300 especies invasoras en los agostaderos; las de mayor preocupación son *Bromus tectorum*, *Euphorbia esula*, *Centaurea solstitialis*, *C. diffusa*, *C. maculosa* y varias especies de *Centaurea*⁽⁶⁾; con pérdidas de alrededor de 2 billones de dólares al año. En México se requiere de una fuerte campaña de difusión para dar a conocer las especies exóticas que ayude a frenar el movimiento de éstas ya que pueden reducir la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos⁽⁷⁾.

Objetivos

Desarrollar un mapa sobre la distribución del rosado y determinar su abundancia en un pastizal amacollado en Chihuahua.

Materiales y Métodos

Desde el 2018 a 2022 se han registrado poblaciones del zacate rosado en el estado de Chihuahua. En recorridos de campo se tomaron las coordenadas cuando se observaban desde una población de alrededor de 10 plantas hasta superficies de algunas hectáreas invadidas por esta especie. En los recorridos por carretera, los registros se tomaron a un mínimo de 50 km de distancia. En campo es fácil de reconocer por el color rosa de la espiga cuando está en floración a rosa grisáceo cuando está en madurez o inicios de latencia. Con base en 197 registros que elaboro un mapa de distribución de esta gramínea.

En área de pastizal amacollado abierto donde se llevó a cabo el muestreo de densidad y medición de área mínima, la precipitación promedio anual es de 350 mm, temperatura media anual de 18 C. El área presentaba diversos grados de pendientes, suelo somero con afloramiento de rocas. La densidad (plantas m²) se calculó con 102 cuadrantes de un m². En la misma zona se realizaron 100 mediciones del vecino más cercano para determinar área mínima para los individuos de esta especie. El mapa de distribución se realizó con el programa ArcGIS. A los datos de densidad y área mínima se sometieron a estadísticas descriptivas.

Resultados

El *M. repens* está localizado principalmente en la parte media sur del estado (Figura 1). Probablemente, la entrada de esta especie fue a través de las carreteras por la parte sur, por lo que a partir de ahí ha ido avanzando. En la actualidad y con base en datos y observaciones de campo, la distribución a continuado a lo largo de carreteras y caminos rurales, pero también debido al movimiento de ganado se han registrado poblaciones en potreros lejos de los caminos. Otro aspecto importante es que la gente lo ha transportado intencionalmente como ornamental.

La densidad encontrada de *M. repens* fue de 2.8 (± 0.17) plantas m²; la variación fue desde 0 hasta 7 plantas. Del total de cuadrantes sólo 2 presentaron 7 plantas y un 18 % de 5 a 6 plantas. Al medir la distancia entre plantas, el promedio fue de 1 (± 0.05) m entre individuos; la distancia mínima fue de 0.4 y la máxima de 2.6 m. Del total de las mediciones en un 48 %, la distancia entre dos individuos de rosado fue ≥ 1 m; mientras que en un 15 % fue ≤ 0.50 m.

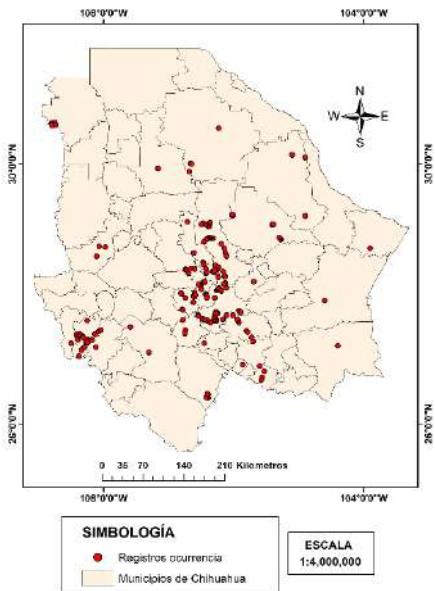


Figura 1. Registros de *Melinis repens* en el estado de Chihuahua recabados hasta 2022.

Conclusiones

A pesar de que se encontró más de 2 plantas por m², las mediciones de área mínima indican que la superficie mínima para el desarrollo del zacate rosado es 1 m². Esto implica que, aunque se cuantificaron hasta 7 individuos por m², la competencia intraespecífica ejerce una influencia en la estructura de la población. Por otro lado, esta especie se ha clasificado como anual a perenne de vida corta; sin embargo, se desconoce qué factores determinan a esto. Indudablemente es importante llevar a cabo más investigación para el desarrollo de prácticas efectivas de manejo para el control y/o erradicación del zacate rosado. Sin embargo, aunado a esto es urgente la divulgación de malezas, especialmente de especies exóticas. La prevención es menos costosa que el control, pero requiere de un público informado.

Referencias bibliográficas

1. CONABIO. 2012. Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>
2. Global Compendium of Weeds. 2024. CABI. <https://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2017/20173071957>
3. Melgoza Castillo, A., Balandrán Valladares, M. I. Mata-González, R. y Pinedo Álvarez, C. 2014. Biología del pasto rosado *Melinis repens* (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control. Revisión. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 5(4):429-442.
4. Dewey, S. y K. Andersen. 2006. Landscape-scale wildland inventories/surveys: Utah State University methods. En: L. J. Rew y M. L. Pokorny [eds.]. Inventory and survey methods for nonindigenous plant species. Bozeman, MT, USA: Montana State University Extension. Extension Service Bulletin EB 171. p. 22–32. 13. Rew, L. J. y M. L. Pokorny [eds.]. 2006. Inventory and survey methods for nonindigenous plant species. Bozeman, MT, USA: Montana State University Extension. Extension Service Bulletin EB 4503. 75 p.
5. Gaskin, J. F., Espeland, E., Johnson, C. D., Larson, D. L., Mangold, J. M., McGee, R. A. y Tekiela, D. R. 2021. Managing invasive plants on Great Plains grasslands: A discussion of current challenges. Rangeland Ecology & Management, 78, 235-249.
6. Di Tomaso, J. M. 2017. Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management. Weed Science. 48(2):255-265. doi:10.1614/0043-1745
7. Turbelin, A. J., Cuthbert, R. N., Essl, F., Haubrock, P. J., Ricciardi, A. y Courchamp, F. 2023. Biological invasions are as costly as natural hazards. Perspectives in Ecology and Conservation, 21(2), 143-150.

ALMACEN DE CARBONO DEL SUELO EN UN PASTIZALDE ZACATE AFRICANO EN CHIHUAHUA.

Pedro Jurado-Guerra*, Gabriel Sosa Pérez, Héctor Ramírez Garduño.

Campo Experimental La Campana-INIFAP.

*Autor para correspondencia: jurado.pedro@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Pastizales, cambio climático, servicios ambientales.

Introducción

Los pastizales ocupan una gran superficie en el mundo y en México y presentan buen potencial para mitigar el cambio climático a través de la captura de carbono. En un análisis reciente, se concluye que la implementación de prácticas como el manejo del pastoreo, fertilización, uso de especies mejoradas, quemas controladas, reconversión productiva (Conant *et al.*, 2017) pueden incrementar la captura de carbono. Sin embargo, la captura de carbono depende de factores como el clima, el suelo y la vegetación. Afortunadamente, el incremento en la captura de carbono en pastizales, puede traer beneficios adicionales, tales como aumento de la fertilidad del suelo y la productividad de la vegetación. En el caso de los pastizales, la mayor parte del carbono se encuentra en el suelo y para medirlo es importante el uso de una metodología confiable para los diferentes tipos de pastizales.

La FAO (2019) recomienda su metodología para estimar el almacén de carbono del suelo en ranchos ganaderos por medio de la toma de muestras y análisis de carbono orgánico en laboratorio. El uso de modelos es una excelente opción, sin embargo, aunque existen algunos modelos como el CarbonPast (Jurado *et al.*, 2021), éste sólo puede utilizarse en pastizales semiáridos con zacates nativos y características climáticas y de suelo específicas. Es interesante saber si este modelo puede estimar el almacén de carbono de otros tipos de pastizales, diferentes a donde fue generado. Algunos pastizales del norte de México están invadidos por diferentes pastos exóticos, como el zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*). Este último ha invadido gran cantidad de pastizales en Chihuahua, sin embargo, se desconoce el almacén de carbono en estos pastizales.

Objetivo

Estimar y comparar las estimaciones del almacén de carbono de un pastizal invadido de zacate africano por el método directo de toma de muestras y análisis de suelo y el método indirecto con el modelo CarbonPast en Chihuahua, México.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Rancho Experimental La Campana del INIFAP, localizado en el km 80 de la Carretera Chihuahua-Juárez, en el municipio de Chihuahua. Este sitio está localizado en la Provincia de Sierras y Llanuras del Norte, subprovincia Bolsón de Mapimí, topoforma Bajada. El clima es seco templado con lluvias de verano, entre las isoyetas de 300 a 400 mm, isotermas de 14 a 16°C, suelos Phaeozem y Solonetz y uso de suelo Pastizal (INEGI, 2017). El sitio es un pastizal abierto invadido por zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) y tiene un historial de manejo con carga moderada a alta de ganado bovino desde 1957.

Se estimó la cobertura basal y composición florística del sitio, por medio de la metodología “punta de pie”, con 20 transectos de 100 lecturas cada uno en áreas representativas durante el mes de octubre 2023. Además, en cada transecto se tomó una muestra de suelo a una profundidad de 30 cm, para análisis de textura y contenido de carbono orgánico. La textura y carbono orgánico fueron estimados de acuerdo a la Norma NOM-021-RECNAT-2000. Adicionalmente, se realizaron muestreos de suelo, distribuidos sistemática y estratégicamente, para estimación de densidad aparente del suelo y contenido de grava a una profundidad de 30 cm. La densidad aparente se estimó por medio del método de excavación con el uso de arena fina y seca para estimación del volumen total del hoyo. Para la estimación del contenido de suelo y grava, se tamizó el suelo a un tamaño de partícula de 2 mm y se pesaron el contenido de suelo fino y grava. El volumen de la grava se estimó por medio de desplazamiento en probetas. El suelo fino se secó a 105°C por 24 hr y se pesó y su volumen se estimó de la resta del volumen total menos el volumen de la grava para la estimación de la densidad aparente. Se tomaron datos de la altitud a la mitad de cada

transecto con GPS. Dado que no se dispone de datos de precipitación en los sitios, se utilizó la base de datos mundial CHELSA (Karger *et al.*, 2017), para estimar la precipitación promedio anual.

Con los datos de concentración de carbono orgánico, la densidad aparente y la cantidad de grava del suelo, se estimó el almacén de carbono del suelo, con base en la metodología directa de la FAO. Se realizaron análisis de correlaciones de algunas variables como arena, arcilla y limo del suelo, grava y densidad aparente del suelo, cobertura total de plantas y altitud del sitio, con el almacén de carbono del suelo para determinar la influencia de estas variables. Finalmente, se utilizó el modelo CarbonPast, para estimar el almacén de carbono del suelo en este sitio, con las variables de precipitación de la base de datos, la cobertura de plantas, el porcentaje de arena analizado en laboratorio y la altitud tomada en el sitio. El resultado del modelo se comparó con la metodología de la FAO por medio de una prueba de "t".

Resultados y discusión

El pastizal invadido de zacate africano tuvo una cobertura basal de plantas de $21.9 \pm 0.8\%$, suelo desnudo de $39.4 \pm 3.1\%$, roca de $5.7 \pm 0.8\%$ y mantillo orgánico de $33.0 \pm 2.9\%$. La composición florística fue de 91.5% de zacate africano, 1.6% de zacate garrapata (*Eragrostis superba*), 1.2% de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), 1.2% de zacate barba negra (*Heteropogon contortus*) y 1.4% de gatuño (*Mimosa biuncifera*). Las variables que tuvieron una mayor influencia en el almacén de carbono fueron la arena del suelo ($P < 0.0001$) (Figura 1), donde se puede observar que el almacén de carbono incrementó a medida que se incrementa el porcentaje de arena del suelo. Esto es diferente a lo encontrado por Jurado *et al.* (2021), quienes reportan una menor concentración de carbono orgánico del suelo a medida que aumenta el porcentaje de arena del suelo en pastizales medianos dominados por zacates nativos como el navajita (*Bouteloua gracilis*) de Chihuahua.

La segunda variable con mayor influencia fue el contenido de grava del suelo ($P < 0.0001$), lo cual es bastante lógico, ya que el almacén de carbono del suelo está totalmente representado por el contenido de suelo fino. Por lo tanto, se observó que, a mayor contenido de grava, menor almacén de carbono del suelo (Figura 1). De acuerdo con esto, la fórmula estándar para estimar el almacén de carbono, incluye el contenido de grava del suelo (FAO, 2019). Similarmente, el mantillo orgánico del suelo tuvo una influencia significativa ($P < 0.0001$) en el almacén del carbono del suelo (Figura 1). Esta relación tiene sentido, ya que el mantillo orgánico puede incorporarse gradualmente al suelo, dependiendo de los diferentes procesos y de uso del suelo y manejo del pastizal.

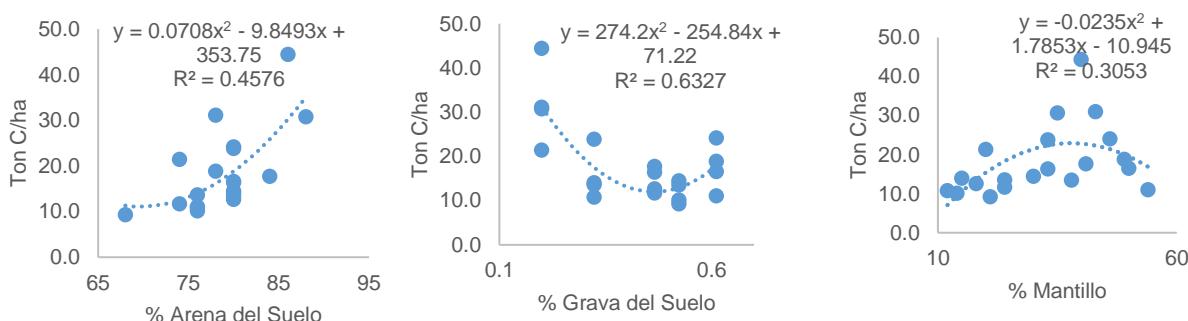


Figura 1. Relaciones del porcentaje de arena del suelo, contenido de grava y porcentaje de mantillo orgánico con el almacén de carbono del suelo (Ton C/ha) en un pastizal invadido de zacate africano (*Eragrostis lemahnniana*) en Chihuahua, México.

El almacén de carbono en el sitio se estimó con la siguiente fórmula, de acuerdo a lo recomendado por FAO (2019):

$$\text{Almacén de COS (Ton C ha}^{-1}) = \text{COS} * \text{Dap} * (1-vG) * \text{Ps} * 0.1$$

COS = Concentración de Carbono Orgánico del Suelo (mg C g⁻¹ suelo); Dap-ffs = Densidad aparente de la fracción fina del suelo en g cm⁻³; vG = Contenido volumétrico de la grava del suelo; Ps = Profundidad de suelo (cm); 0.1 = Factor de conversión para convertir mg C/cm² a Ton C ha⁻¹.

El almacén de carbono también se estimó con el modelo CarbonPast, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Ton C ha}^{-1} \text{ a } 0.3\text{m} = 2.71828^{(7.255 + 0.03*\text{Cob} + 0.003*\text{PMA} - 0.031*\text{Pare} - 0.002*\text{Alt})}$$

Cob = Porcentaje de cobertura basal total de plantas; PMA = Precipitación Media Anual (mm); Pare = Porcentaje de arena del suelo; Alt = Altitud del sitio (m).

De acuerdo con la metodología de la FAO, el almacén de carbono fue de 18.3 ± 1.9 Ton C ha⁻¹ a 0.3 m, mientras que con el modelo CarbonPast, el almacén de carbono fue de 27.6 ± 1.2 Ton C ha⁻¹ a 0.3 m. Esto significa que hubo una gran diferencia ($P < 0.002$) entre los dos métodos, por lo tanto, el modelo no puede ser utilizado en este pastizal invadido por zacate africano. Respecto a los valores de las variables del modelo, estos fueron similares a los valores de los sitios donde se generó el modelo, sin embargo, una gran diferencia fue el alto contenido de grava del suelo en el pastizal invadido por zacate africano, lo cual disminuyó el almacén de carbono de forma significativa. De tal manera, que para que el modelo pudiera utilizarse se tendría que ajustar de acuerdo al contenido de grava o generar un nuevo modelo para este tipo de vegetación. La literatura reporta bajos valores de almacenes de carbono en sitios con monocultivos en comparación con sitios de alta diversidad (Wen-Feng *et al.* 2014; Yang *et al.*, 2019), lo cual concuerda con los resultados bajos en este pastizal con monocultivo de zacate africano.

Conclusiones

El almacén de carbono del pastizal invadido por zacate africano por medio del método directo de toma de muestras y análisis de suelo fue bajo en comparación con pastizales nativos y menor a la estimación con el modelo CarbonPast. Por lo anterior, este modelo no puede utilizarse de forma directa ya que nos daría una estimación errónea del almacén de carbono.

Agradecimientos y fuente financiadora

A Irvin Gurrola Arzate por su ayuda en los muestreos de vegetación y de suelo. A INIFAP-Proyecto Fiscal “Balance hidrológico y captura de carbono en bosques de pino-encino y pastizal amacollado” No. SIGI 13132635828.

Referencias bibliográficas

1. FAO. 2019. Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems: Guidelines for assessment (Version 1). Rome, FAO. 170 pp.
2. INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua 2017. México.
3. Karger *et al.* 2017. Climatologies at high resolution for the earth land Surface áreas. Scientific Data. 4, 170122. doi:10.1038/sdata.2017.122.
4. Jurado, G.P. R. Saucedo T., C. Morales N. 2021. Soil carbon stocks of semi-arid grasslands in northern Mexico. The Rangeland Journal. 43: 247-255.
5. Wen-Feng *et al.* 2014. Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. Journal of Ecology. 102: 1163-1170.

EFECTO DE LA CONDICIÓN DE LA SEMILLA EN LA GERMINACIÓN DE HÍBRIDOS APOMÍCTICOS DE ZACATE BUFFEL (*Pennisetum ciliare L.*).

Susana Gómez-Martínez^{1*}, Juan M. Martínez-Reyna¹, Daniel Aldaco-Gómez¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
*Autor para correspondencia: susana.gomez@uaaan.edu.mx

Palabras clave: Cariópsides, involucros, *Pennisetum ciliare*

Introducción

La condición actual de los agostaderos en nuestro país está muy por debajo de su potencial de producción, producto de una serie de factores como: el uso excesivo e indiscriminado de los pastizales nativos, escasa precipitación y mal manejo de los mismos. Las resiembras artificiales de pastos, es una de las alternativas, para recuperar los pastizales de las zonas áridas y semiáridas. El zacate buffel (*Pennisetum ciliare L.*) es considerada una especie de alto valor forrajero, para la ganadería extensiva del norte de México, debido a su facilidad de establecimiento y su alta tolerancia a la sequía. Para el éxito en el establecimiento de praderas de zacate buffel es importante el uso de semillas de alta calidad. Sin embargo, la semilla recién cosechada de esta especie presenta una marcada latencia, lo que trae como consecuencia una emergencia irregular y heterogénea. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ha generado híbridos apomícticos de zacate buffel, que pueden sustituir a la variedad Común, para que contribuyan a mejorar los sistemas de producción ganadera en las zonas áridas, por lo que es importante conocer la naturaleza de la latencia de estos nuevos híbridos apomícticos, mediante el estudio de su capacidad germinativa. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la condición de la semilla en la germinación de híbridos apomícticos de zacate buffel.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó bajo condiciones de laboratorio en la UAAAN en Saltillo, Coahuila. El material genético utilizado fueron seis híbridos apomícticos de zacate buffel y la variedad Común como testigo. Se realizaron pruebas de germinación estándar en semillas con envolturas (involucros) y sin envolturas (cariópsides) con un mes de almacenamiento. Se utilizó un diafanoscopio, para seleccionar los involucros que tuvieran un cariópside. La siembra se realizó en cajas Petri previamente lavadas y esterilizadas, con papel filtro como sustrato, se colocaron 50 semillas por unidad experimental. Las cajas Petri se llevaron a una germinadora Seedburo, a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y ciclo de luz-oscuridad de 8:16 h respectivamente. Se consideraron como plántulas germinadas, aquellas que tuvieron una radícula de 1 cm y una plúmula de 0.5 cm. Se contabilizó diariamente el número total de semillas germinadas por un período de 28 días, y se determinó el porcentaje de germinación (PG) y el Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de acuerdo a Maguire (1962). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 2 x 7, el factor A condición de la semilla (involucros y cariópsides) y el factor B siete genotipos, con tres bloques. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias DMS ($\alpha 0.05$) para el porcentaje de germinación e índice de velocidad de germinación.

Resultados y discusión

Los análisis de varianza para porcentaje de germinación e índice de velocidad de germinación detectaron diferencias altamente significativas entre la condición de la semilla, los genotipos y la interacción ($P<0.01$).

Porcentaje de Germinación

El porcentaje de germinación en los genotipos se formaron seis grupos de medias, los valores más bajos los obtuvieron G17 y la variedad Común con 23.22 y 26.67 % respectivamente. Los híbridos obtuvieron un PG promedio de 36.68 % superaron a la variedad Común (26.67 %) con un 37.53 %. Para la condición de la semilla, los cariópsides obtuvieron el PG más alto con un 61.22 % siendo diferentes estadísticamente a los involucros que obtuvieron un promedio de 9.27 %. Los cariópsides incrementaron el PG un 560.26 % con respecto a los involucros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias del porcentaje de germinación de siete genotipos de zacate buffel, dentro de dos niveles de condición de la semilla. Saltillo, Coahuila.

Genotipos	Condición de la Semilla (%)		Genotipos Media
	Involucros	Cariópsides	
G-11	28.28 a	56.44 cde	42.36 a
G-2	14.20 b	65.57 abc	39.89 ab
G-12	9.84 b	73.58 ab	41.71 abc
G-20	4.67 c	59.09 cd	31.88 de
G-6	3.92 cd	78.12 a	41.02 abcd
Común	2.67 cde	50.67 de	26.67 ef
G-17	1.33 e	45.10 e	23.22 f
Condición de la Semilla Media	9.27 b	61.22 a	35.25

Valores con diferente literal son estadísticamente diferentes (DMS<0.05)

El análisis estadístico de la interacción detectó diferencias altamente significativas entre genotipos en los dos niveles de condición de la semilla. El híbrido G11 obtuvo el porcentaje de germinación con involucros más alto (28.28 %) y fue estadísticamente diferente a todos los genotipos. G17 y Común obtuvieron los valores más bajos con 1.33 y 2.67 % respectivamente. En el PG con cariópsides los valores más altos los obtuvieron los híbridos G6, G12, G2 con 78.13, 73.58 y 65.57 % respectivamente. G17 y Común obtuvieron los valores más bajos con 45.10 y 50.67 % respectivamente. El análisis estadístico para el comportamiento de los dos niveles de la condición semilla dentro de cada genotipo detectó diferencias altamente significativas en germinación entre involucros y cariópsides en los siete genotipos, estos incrementaron su germinación notablemente cuando las envolturas fueron removidas. Común incrementó su PG con cariópsides un 1797 % con respecto a involucros. Agüero *et al.* (2017) reportan un porcentaje de germinación de 31% para T-4464 con cariópsides sin almacenamiento.

En la Figura 1 se observa el comportamiento del porcentaje de germinación de los siete genotipos de zacate buffel, en cada uno de los niveles de la condición de la semilla. El PG promedio de los híbridos con envoltura fue de 10.37 y sin envoltura 62.98 %. Los híbridos superaron a Común en un 288.38 % y 24.29 % con involucros y cariópsides respectivamente. La diferencia más evidente entre Común y los híbridos se observa en los involucros.

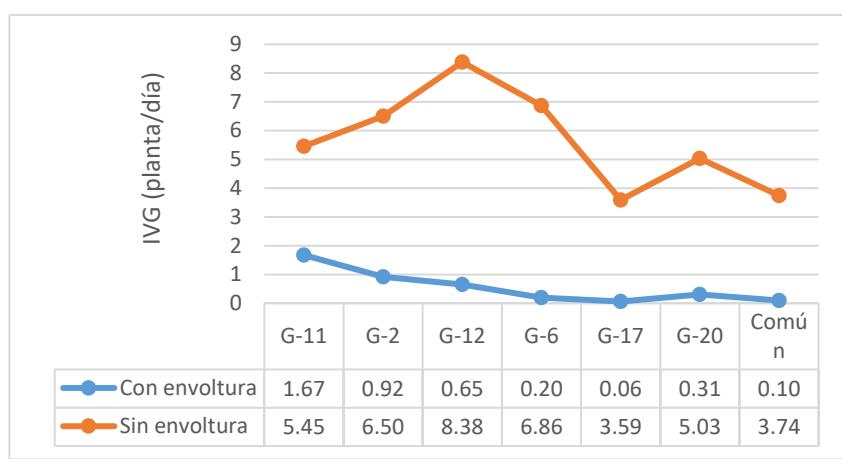


Figura 1. Porcentaje de germinación de siete genotipos de zacate buffel en dos niveles de la condición de la semilla.
Índice de Velocidad de Germinación

El IVG más alto lo obtuvieron los híbridos G12, G2 y G11 con 4.52, 3.71 y 3.56 plantas/día respectivamente. Los híbridos promediaron un IVG de 3.30 plantas/día, superaron con un 71.87 % a Común (1.92). Para la condición de la semilla, los cariópsides obtuvieron el IVG más alto (5.65 plantas/día) y fue estadísticamente diferente a los involucros (0.56 plantas/día), superaron con un 908.9 % al valor obtenido por los involucros.

El análisis estadístico de la interacción, indicó diferencias altamente significativas entre genotipos en los dos niveles de la condición de la semilla. El IVG más alto en los involucros, lo obtuvo el híbrido G11 (1.67 plantas/día). Cuando el IVG se determinó con cariopsides, el genotipo G12 obtuvo el valor más alto (8.38 plantas/día). Común y G17 obtuvieron el valor más bajo con 3.74 y 3.59 plantas/día respectivamente. El análisis estadístico detectó diferencias altamente significativas entre las semillas con envoltura y las semillas sin envoltura en los siete genotipos. El incremento más alto se observa en el híbrido G12, el IVG con envolturas fue de 0.65 y este aumentó a 8.38 sin envolturas, incrementándose en un 1135 %. Común obtuvo un IVG de 3.74 con cariopsides y de 0.10 con involucros, aumentando el valor en un 3640 %. En la Figura 2 se observa el IVG de los siete genotipos en los dos niveles de condición de la semilla. El promedio de los híbridos con envoltura y sin envoltura fue de 0.64 y 5.97 respectivamente, superando en un 540 % y 49.6 % con envolturas y sin envolturas respectivamente, a los IVG obtenidos por Común de 0.10 y 3.74 %, la diferencia más clara entre los híbridos y Común se observa en la semilla con envoltura. Velázquez (2016), reporta un IVG para Común de 0.9214 en cariopsides tratada con ácido giberélico a una concentración de 750 ppm, el testigo (involucros) obtuvo un IVG de 0.1339.

Figura 2.



Índice de velocidad de germinación de siete genotipos de zacate buffel con semillas con dos niveles de condición de la semilla.

Conclusiones

El efecto inhibidor en zacate buffel se localiza tanto en los cariopsides como en las envolturas, dependiendo del genotipo. Los híbridos apomíticos presentan menor latencia que la variedad Común.

Referencias bibliográficas

- Agüero, C.G., G.R. Pereyra y R.O. Rolando. 2017. Método alternativo de germinación para determinar la calidad de semillas en buffel grass. Agriscientia. 34:47-58.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination: Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2 (2):176-177.
- Velázquez, L.M.A. 2016. Eliminación de la latencia en zacate buffel utilizando promotores de germinación físicos y químicos. Tesis Maestría en Ciencias. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México, 73 p.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE OVILLO (*Dactylis glomerata L.*) Y ALFALFA (*Medicago sativa L.*) BAJO SOMBREADO ARBÓREO.

Josué Jonathan Ríos Hilario^{1*}, Sergio Iban Mendoza Pedroza¹, Adelaida Rafael Rojas García², Claudia María Isabel Hidalgo Moreno³, Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca¹, Arturo Pro Martínez¹, Fernando González Cerón⁴

¹ Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad- Ganadería, Colegio de Postgraduados, ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No.2, Universidad Autónoma de Guerrero, ³ Posgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados, ⁴ Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo

*Autor para correspondencia: rios.josue@colpos.mx

Palabras clave: Sombra, silvopastoril, templado, árbol.

Introducción

La intensificación de los sistemas productivos agrícolas y pecuarios han incrementado la deforestación y suscitado preocupaciones sobre la conservación de la biodiversidad y sostenibilidad de la producción. Esta pérdida de cobertura vegetal incrementa la vulnerabilidad a la erosión, la evaporación del agua y una disminución de la materia orgánica en el suelo que disminuyen su fertilidad (Rosenzweig y Hillel, 1998; Asare, 2005), por lo cual la disponibilidad en cantidad y calidad del forraje disminuye. La integración de especies leñosas al sistema productivo permite a escala local optimizar procesos biológicos como la fotosíntesis, el reciclaje de nutrientes y la actividad microbiana en el suelo, permitiendo el empleo de menos insumos externos y la mitigación del cambio climático (Murgueitio *et al.*, 2011). Por lo tanto, la incorporación de árboles de sombra en los sistemas productivos es una alternativa para afrontar los riesgos que la agricultura y ganadería enfrentan (Rosenzweig y Hillel, 1998; Rodríguez *et al.*, 2022).

Objetivo

Evaluar la producción de biomasa, composición morfológica y densidad poblacional de pasto ovillo y alfalfa en asociación bajo sombra arbórea y exposición directa al sol durante la estación de primavera.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Centro de Capacitación e Innovación Tecnológica (CCIT) del Colegio de Posgrados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 27' 38 N., 98° 54' 11" O y 2250 m.s.n.m.), durante la estación de primavera 2023. Para calcular el rendimiento acumulado (kg MS ha⁻¹) durante la estación (8 semanas), se sumó el rendimiento por corte. La composición morfológica se determinó a partir de una muestra de aproximadamente 20 % del forraje cosechado, se dividió en sus componentes morfológicos: hoja, tallos, flor y material muerto, se pesó y secó. La relación hoja:tallo se determinó al dividir el peso seco de la hoja y tallo. Para determinar la altura de planta de la asociación, un día antes de cada pastoreo se realizaron 20 mediciones de altura con regla en cada tratamiento. Para la densidad de plantas, se fijó un cuadro de 1 m² de manera aleatoria en cada unidad experimental. Un día previo a cada pastoreo se contó el número de plantas presentes por especie (alfalfa y ovillo). Los datos se analizaron mediante un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y posteriormente una comparación múltiple de medias (Tukey, $p < 0.05$).

Resultados y discusión

El efecto de la sombra arbórea y exposición al sol en el rendimiento forrajero estacional fue diferente, la producción de biomasa fue de 7 562 y 9 138 kg MS ha⁻¹, respectivamente (Figura 1), resultados similares fueron reportados por Ramírez *et al.* (2020). La producción forrajera disminuyó en condiciones de sombra arbórea debido a la menor radiación incidente y fotosintéticamente activa que recibe el estrato herbáceo, que trae como consecuencia una disminución en la tasa fotosintética (Hernández y Guenni, 2008).

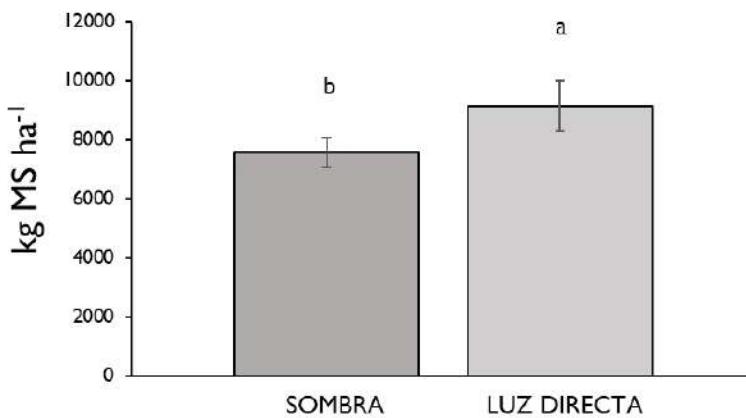


Figura 1. Rendimiento acumulado durante la estación de primavera 2023 de pradera multiespecie. Independientemente de la disminución en la disponibilidad de forraje encontrada, la cantidad de hoja del pasto ovillo incrementó significativamente (28.42 %) y, por tanto, la relación hoja:tallo (3.47) (Figura 2), que se podría reflejar posiblemente en un incremento de la calidad y digestibilidad del forraje (Obispo *et al.*, 2013). Además, se reporta que la sombra puede provocar cambios en la morfología foliar, como el aumento del área individual de las hojas, reducción del espesor de las hojas, menor número de estomas por cm² y, por último, la velocidad a la que las hojas se renuevan tiende a ser menor en comparación con pleno sol (Siles *et al.*, 2010; López-Bravo *et al.*, 2012).

La altura de planta mostró diferencias significativas, la menor altura se registró en la pradera bajo sombra y la mayor en exposición directa al sol, donde fueron 40 y 46 cm, respectivamente.

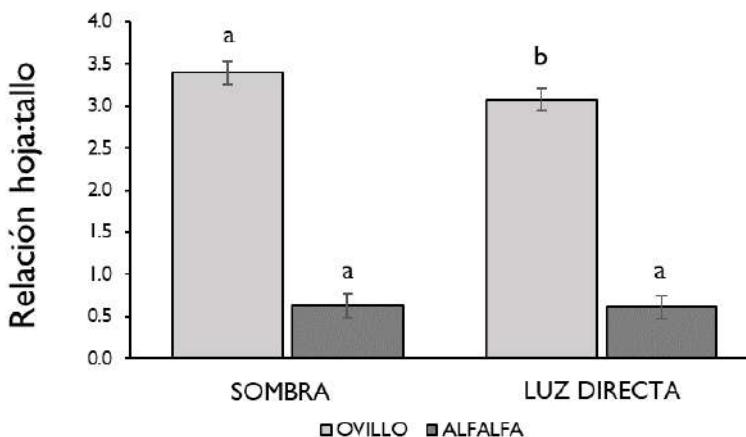


Figura 2. Relación hoja:tallo de ovillo y alfalfa bajo sombra y luz directa.

La densidad de plantas (plantas m⁻²) se observa en la figura 3. Se encontraron diferencias entre tratamientos durante la estación de primavera para el pasto ovillo y alfalfa; en donde el número de coronas incrementó en la exposición libre al sol, comportamiento inverso se reportó para el pasto ovillo. Las especies forrajeras responden de manera diferente al manejo que se le practique, afectando su persistencia, dinámica poblacional y rendimiento (Chapman y Lemaire, 1993). La alfalfa es una especie de días largos de acuerdo con su respuesta al fotoperíodo, su comportamiento productivo está determinado por la temperatura, fotoperíodo, radiación solar, evapotranspiración y humedad disponible en el suelo o estrés hídrico (Sharratt *et al.*, 1987).

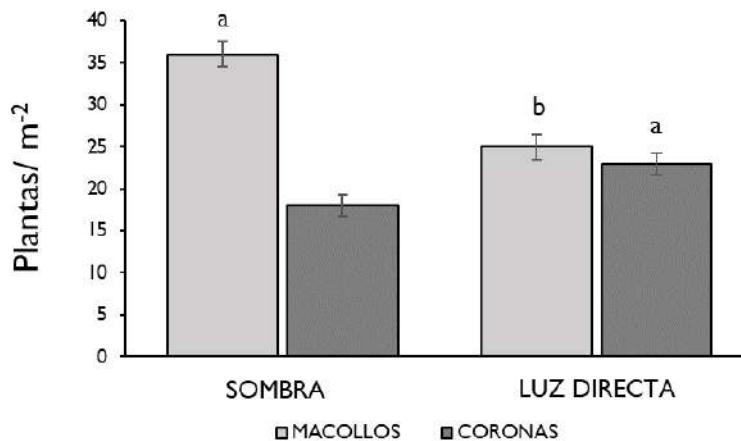


Figura 3. Dinámica de plantas de pasto ovillo y alfalfa bajo sombra y exposición al sol directa.

Conclusiones

La sombra de los árboles disminuye el rendimiento, pero mejora la calidad morfológica de la pradera.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnologías por el apoyo económico otorgado para la realización del estudio.

Referencias bibliográficas

1. Hernández, M. y Guenni, O. 2008. Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminóide en un sistema silvopastoril dominado por samán (*Samanea saman* (Jacq) Merr). *Zootecnia Tropical*. 26(4):439-453.
2. López-Bravo, D.F., Virginio-Filho, E.d.M. and Avelino, J. (2012). Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions *Crop Protection* 38:21-29.
3. Rodríguez, T.T.; Bonatti, B.; Löhr, K.; Lana, M.; Del Río, M. and Sieber, S. (2022). Analyzing influencing factors to scale up agroforestry systems in Colombia: A comparative ex-ante assessment of cacao farming and cattle ranching in two regions. *Agroforest Syst.* 96(1): 435- 446.
4. Sharratt, B. S.; Baker, D. G. and Sheaffer, C. C. (1987). Climatic effect on alfalfa dry matter production. Part II. Summer harvest. *Agric. Forest Meteorol.* (39):121-129.

5

Inocuidad de alimentos



REDMI NOTE 8
AI QUAD CAMERA

“MIEL DEL MAÁYA’AB” / Jorge Ismael Tucuch Haas

**20 REUNIONES
24 científicas**
ESTUDIOS NACIONALES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y ACUÍCOLAS MEXICANAS

LIX REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA



CALIDAD HIGIÉNICA DE LA LECHE DE HATOS BOVINOS DOBLE PROPÓSITO DE LA REGIÓN COSTERA DEL ESTADO DE COLIMA.

Carlos Ramón Moctezuma-Hernández¹, Jorge Pineda-Lucatero^{1*}, Daniel Figueroa-Chávez¹, Rafael Julio Macedo-Barragán¹, Jorge Luis García-Valle²

¹FMVZ – U. de Colima, ²INIFAP – Campo Experimental Tecomán

*Autor para correspondencia: pinedalj@ucol.mx

Palabras clave: Conteo de células somáticas, manejo de la ordeña, mastitis.

Introducción

La mastitis es una de las enfermedades más comunes y costosas que afecta al ganado bovino ya que provoca una disminución en la producción y la calidad de la leche. El número de células somáticas presentes en la leche son una expresión del grado de inflamación de la glándula mamaria debido entre otras cosas a la presencia de patógenos causantes de la mastitis por lo que, el conteo de células somáticas (CCS) es un método simple, económico y rápido para diagnosticar la presencia de esta enfermedad (Robledo *et al.*, 2022). El CCS puede realizarse a nivel individual analizando la leche de cada vaca o a nivel de hato, analizando la leche proveniente de los tanques almacenadores, lo que proporciona un reflejo del estado de salud y de la calidad de la leche cruda del hato (Schukken *et al.*, 2003).

Por otra parte, se estima que la ganadería bovina se desarrolla en un 67% de la superficie del estado de Colima la cual se encuentra dividida en tres regiones geográficas: norte, centro y costa. En estas tres regiones, predomina el sistema de producción doble propósito, practicado con diferentes grados de tecnificación lo que condiciona la cantidad y calidad de la leche producida (ACEA, 2006).

Objetivo

Determinar la calidad higiénica por medio del conteo de células somáticas de la leche almacenada en tanques de unidades de producción bovinas de doble propósito en la región costera del estado de Colima.

Materiales y métodos

Ubicación del sitio experimental. El estudio se realizó en 50 ranchos productores de leche bajo el sistema de doble propósito ubicados en los municipios de Armería, Manzanillo y Tecomán los cuales conforman la región costera del estado de Colima.

Procedimiento experimental. Las muestras de leche se recolectaron directamente de los tanques de los productores después de su homogenización mediante agitación mecánica. La determinación del número de células somáticas se realizó en la unidad de producción usando el kit para contabilización de células somáticas en leche PortaSCC® (DCN^{DX}, USA). Este kit ofrece resultados en 60 minutos de manera visual y cuenta con un rango de lectura desde 75 mil hasta 3 millones de células somáticas.

Análisis estadístico. La información se analizó por medio estadística descriptiva y para evaluar el efecto del municipio de localización de los hatos sobre el CCS se sometió a un análisis de varianza y a una comparación múltiple de medias de Tukey y se declaró significancia estadística si $P < 0.05$. Previamente la normalidad de los datos se analizó por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y al no cumplir el supuesto de normalidad se transformaron con la función logarítmica. Los análisis se realizaron con el software Statistix 9.0.

Resultados y discusión

La leche producida en los hatos ubicados en los municipios de Armería y Tecomán mostraron una mayor CCS que aquella producida en los hatos localizados en el municipio de Manzanillo. Cabe señalar que en el municipio de Armería se presentó la mayor variación en el número de células somáticas presentes en la leche ubicándose en ese municipio los hatos con el menor y el mayor CCS (Cuadro 1).

Cuadro 1. Conteo de células somáticas (células/mL) en leche de 50 hatos bovinos doble propósito de tres municipios de la región costera de estado de Colima, México.

Municipio	n	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV
Armería	18	469 444 a	701 504	100 000	3 000 000	149.43
Manzanillo	16	156 668 b	17 315	125 000	201 200	11.05
Tecomán	16	226 667 ab	24 683	150 000	259 600	10.89

^{ab} Medias con distinta literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

Un 93.75% de los hatos ubicados en los municipios de Manzanillo y Tecomán mostraron un CCS igual o menor a 200 000 células/mL mientras que, la mayoría de los hatos ubicados en el municipio de Armería mostraron un CCS intermedio y tres hatos (16.67%) valores superiores a 400 000 células/mL (Tabla 2).

Cuadro 2. Porcentaje de muestras de leche de 50 hatos bovinos doble propósito de tres municipios de la región costera de estado de Colima, México agrupadas con base al número de células somáticas.

Municipio	Células somáticas/mL		
	Bajo 0 – 200 000	Intermedio >200 000 – 400 000	Alto >400 000
Armería	11.11	72.22	16.67
Manzanillo	93.75	6.25	0.00
Tecomán	93.75	6.25	0.00

Los valores del CCS obtenidos directamente de los tanques de almacenamiento es un indicador de la salud de la ubre de las vacas que componen el hato y de la calidad de la leche la cual depende de su proceso de ordeña, almacenamiento y transporte (Schukken *et al.*, 2003). Los hatos que poseen un programa de control efectivo de mastitis muestran en forma consistente conteos por debajo de las 100,000 células/ml como en este caso se observa en aquellos localizados en los municipios de Manzanillo y Tecomán. Un conteo de células somáticas superior a 200 000 células/ml indica la presencia de mastitis subclínica y en general conteos de células somáticas por debajo de 400 000 células/ml son característicos de hatos que poseen buenas prácticas de manejo, pero en los que el control de la mastitis no es una práctica habitual.

La Norma Oficial Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2012 establece que la leche se puede clasificar en cuatro clases de acuerdo con su CSS: clase 1 ($\leq 400,000$ células/mL), clase 2 (de 401,000 a 500,000 células/mL), clase 3 (de 501,000 a 749,000 células/mL) y clase 4 (de 750, 000- 1 000 000 células/mL). De acuerdo con esta norma, solo la leche clasificada como clase 1 debe ser utilizada en la producción de alimentos para consumo humano ya que CCS elevados afectan negativamente su composición y calidad por lo que, en el presente trabajo, solo un 6% (3/50) de las muestras de leche de los hatos estudiados, se considera no apta para consumo humano.

No obstante que en un 88.89% de los hatos del municipio de Armería se observó un CCS superior a 200 000 células/mL, las vacas no mostraban signos de mastitis por lo que una investigación más profunda reveló que la mala higiene de los tanques de almacenamiento era la responsable de los altos conteos registrados. En este sentido, Bozo *et al.* (2013), encontraron unidades de producción de leche con un CCS promedio de 1 870 000 células/mL y observaron ausencia de buenas prácticas de ordeño, mantenimiento e higiene de los equipos los cuales, entre otras cosas presentaban residuos de leche. Estos autores indican que una vez implementado un programa para corregir las prácticas de ordeño se logró una disminución de un 74.3% en el CCS promedio de la leche.

Conclusiones

De acuerdo con el conteo de células somáticas, la leche producida en un alto porcentaje de los hatos bovinos de doble propósito de la región costera del estado de Colima cumple con los criterios de calidad y se considera apta para el consumo humano

Referencias bibliográficas

1. ACEA. 2006. Informe de evaluación estatal. Programa de Fomento Ganadero. Colima. Asociación de Consultores de Empresas de Aguascalientes, A. C. 103 p.
2. Bozo, G. A., Alegro, L. C. A., Silva, L. C., Santana, E. H. W., Okano, W., & Silva, L. C. C. 2013. Adequação da contagem de células somáticas e da contagem bacteriana total em leite cru refrigerado aos parâmetros da legislação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(2):589-594.
3. Norma Mexicana NMX-F-700-CFOCALEC-2012 Sistema Producto Leche – Alimento – Lácteo – Leche cruda de vaca – Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. Consultada en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5255136&fecha=18/06/2012#gsc.tab=0
4. Robledo, R. E., Hernández, A. L., Blanco, O. M. A., Rubio, G. I., & Ricardo, G. I. D. 2022. Correlación entre la prevalencia de mastitis bovina y el desempeño reproductivo. En Memorias del XLIV Congreso Nacional de Buiatría. AMMVEB, A.C. Aguascalientes, México. pp. 23-28.
5. Schukken, Y. H., Wilson, D. H., Welcome, F., Garrison-Tikofsky L., & Gonzalez, R. N. 2003. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. *Veterinary Research*, 34(5):579-596.

IDENTIFICACIÓN DE ENTEROBACTERIAS EN CAMARONES OBTENIDOS EN PUNTOS DE VENTA.

Stephanía Ramos-Castillo¹, Vicente Vega-Sánchez², Fabián Ricardo Gómez-de-Anda², Vladimir Morales Erasto³, Nydia Edith Reyes-Rodríguez^{2*}.

¹ICAP, UAEH; Ingeniería en Biotecnología, Tulancingo Hgo. ²ICAP, UAEH; Medicina Veterinaria y Zootecnia, Tulancingo Hgo. ³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

*Autor para correspondencia: nydia_reyes@uaeh.edu.mx

Palabras clave: Camarón, enterobacterias, identificación.

Introducción

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) se definen como un incidente en el que dos o más personas presentan una enfermedad semejante después de la ingestión de un mismo alimento y los análisis epidemiológicos apuntan al alimento como el origen de la misma (OPS, 2020).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) clasifica a las ETA como infecciosas (causadas por ingestión de microorganismos patógenos vivos: virus, bacterias o parásitos) y por intoxicación (causadas por ingestión de alimentos contaminados con productos químicos o toxinas producidas por microorganismos) (OMS, 2020).

Estas enfermedades son una causa de morbilidad y mortalidad, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) cada año se enferman en el mundo 600 millones de personas (1 de cada 10 habitantes) y 42,000 mil mueren. De acuerdo con el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, México registro en 2022, 3, 457, 964 millones de casos de enfermedades transmitidas por alimentos y más de 23 mil casos por intoxicación alimentaria bacteriana (OMS, 2020).

La importancia de este estudio radica en que la mayoría de los alimentos involucrados en casos de ETA son de origen vegetal y animal como los mariscos, específicamente el camarón. El camarón es considerado de gran importancia por su valor comercial y nutrimental, sin embargo, su calidad microbiológica e inocuidad como alimento de consumo se altera por diversos factores (OPS, 2020)

Objetivo

Realizar la identificación de microorganismos presentes en camarón, obtenidos a partir de muestreos en puntos de venta en la Ciudad de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, mediante técnicas analíticas, con el fin de conocer cuáles son las bacterias presentes y su capacidad para causar enfermedades transmitidas por alimentos.

Materiales y métodos

En este estudio se analizaron 200 cepas obtenidas a partir de camarón en distintos puntos de venta en la Ciudad de Tulancingo, Hidalgo en el año 2020, para realizar la activación y adaptación de las muestras se utilizó como fuente de crecimiento microbiano el medio de cultivo nutritivo no selectivo Mueller Hinton, con preparación en condiciones estériles y distribución en cajas petri.

Las muestras se tomaron de crioviales en congelación a -18 °C, por medio de una asada y se inocularon en cajas petri previamente identificadas, se estriaron por agotamiento, se incubaron a 37 °C durante 24 horas, se observaron las morfologías y fueron resemebradas hasta verificar que fueran cultivo puro.

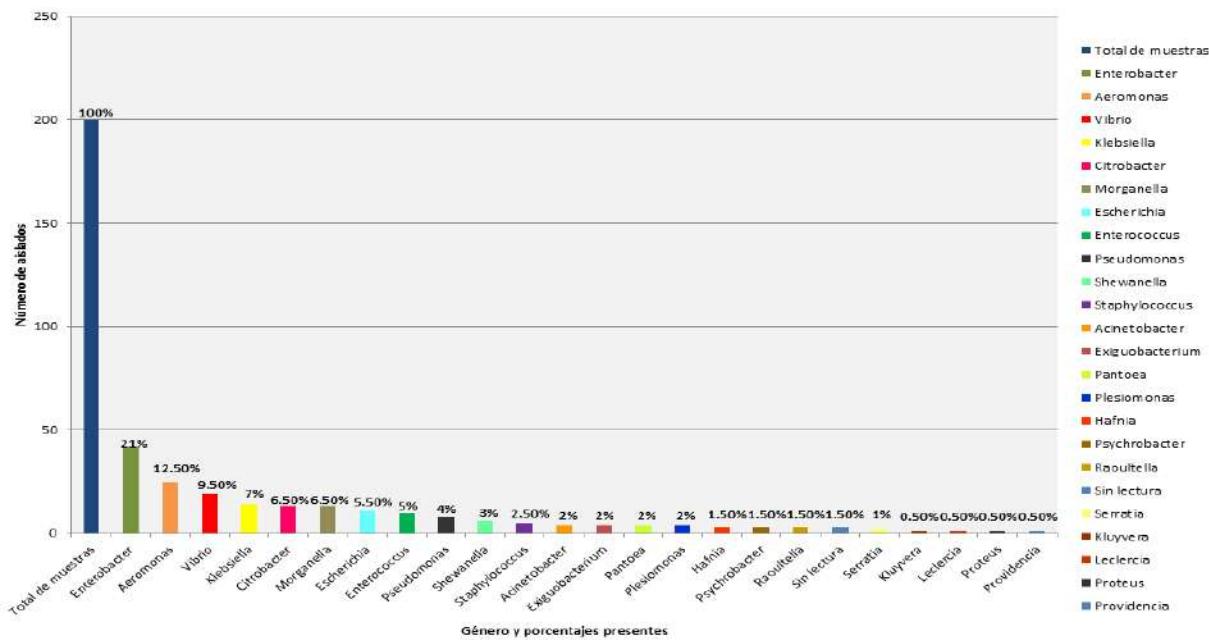
La identificación se realizó mediante el equipo Autof ms1000 MALDI-TOF de la marca china Autobio con un sistema de identificación microbiana por espectrometría de masas por ionización de desorción láser asistida por matriz, las condiciones de lectura fueron de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Resultados

De acuerdo a las técnicas biotecnológicas aplicadas en esta investigación se observa que los camarones muestreados y comercializados en distintos puntos de venta en Tulancingo de Bravo, Hidalgo, son alimentos que están contaminados por enterobacterias.

El análisis de los resultados generados por el equipo Autof ms1000 MALDI-TOF Autobio sustenta el 98.5 % (197/200) de las muestras que fueron identificadas, encontrando 23 géneros distintos el cual *Enterobacter* spp. representa el 21 % (42/200), *Aeromonas* spp. el 12.5 % (25/200), *Vibrio* spp. el 9.5 % (19/200), *Klebsiella* spp. el 7 % (14/200), *Citrobacter* spp. y *Morganella* spp. el 6.5 % (13/200) cada una,

Escherichia spp. el 5.5 % (11/200), *Enterococcus* spp. el 5 % (10/200), *Pseudomonas* spp. el 4 % (8/200), *Shewanella* spp. el 3 % (6/200), *Staphylococcus* spp. el 2.5 % (5/200), *Acinetobacter* spp., *Exiguobacterium* spp., *Pantoea* spp. y *Plesiomonas* spp. el 2 % (4/200) cada una, *Hafnia* spp., *Psychrobacter* spp. y *Raoultella* spp el 1.5 % (3/200) cada uno, *Serratia* spp. el 1 % (2/200) y finalmente *Kluyvera* spp., *Leclercia* spp., *Proteus* spp. y *Providencia* spp. el 0.5 % (1/200) cada uno (Gráfica 1); cabe mencionar que el 1.5 % (3/200) de las cepas no se lograron identificar en el equipo por criterios morfológicos específicos que impedían su lectura.



Gráfica 1: Porcentajes de aislamientos por cada género bacteriano identificado (Elaboración propia).

Se observa que dentro de los 23 géneros identificados el de mayor prevalencia es *Enterobacter* con un 21 %. Janecko *et al.* (2016) menciona que los camarones se crían en ambientes acuáticos y se encuentran como comensales en el medio ambiente, siendo un lugar potencial para identificar *Enterobacter* spp. y sugiriendo que la fuente de esta bacteria puede no limitarse a la exposición durante el procesamiento, se ha encontrado a partir de la piel, tracto gastrointestinal de animales y humanos, asociándose a brotes nosocomiales ocasionado bacteriemias, infecciones del tracto respiratorio inferior y tejidos blandos, del tracto urinario, intraabdominales, endocarditis, artritis séptica, osteomielitis, infecciones oftálmicas e infecciones postquirúrgicas en cualquier parte del cuerpo.

En el caso de *Aeromonas* spp. se identificó como el segundo género de mayor prevalencia con el 12.5 %, en otro estudio se menciona que esta enterobacteria se encuentra de manera normal en productos del mar, por lo que su prevalencia normalmente es alta y es considerado el patógeno emergente transmitido por alimentos, llegando a occasionar enfermedad intestinal y extraintestinal (Hoel *et al.*, 2019).

En tercer lugar, se encuentra *Vibrio* con un 9.5 %, Hirshfeld *et al.* (2023) mencionan que es parte de la biota normal en los hábitats costeros, se ha reportado con prevalencias que van de 17.1-95.6 % la cual puede provocar enfermedad diarreica grave, misma que llega a ser mortal.

Conclusiones

Los mariscos son beneficiosos para la salud humana, a pesar de esto, son una fuente importante de enterobacterias causantes de brotes transmitidos por los alimentos, en este Municipio se desconocía cuáles son los microorganismos presentes en camarón; sin embargo, en este estudio se da un panorama de las bacterias presentes en puntos de venta y demuestra que existe un inminente riesgo al tener un manejo inadecuado de este producto crudo, afectando a los consumidores o trabajadores, lo que puede occasionar

enfermedades transmitidas por los alimentos, constituyendo un problema de salud pública, afectando además el comercio y la economía de la población. Por lo que es necesario desarrollar estrategias para aplicar medidas de salubridad adecuadas, obteniendo un producto inocuo y que no signifique ningún riesgo para la salud.

Agradecimientos

Al departamento de Microbiología e Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto.

Referencias bibliográficas.

1. Tsuchida, S., Umemura, H., & Nakayama, T. (2020). Current Status of Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization-Time-of-Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF MS) in Clinical Diagnostic Microbiology. *Molecules* (Basel, Switzerland), 25(20), 4775. <https://doi.org/10.3390/molecules25204775>
2. Ma, J., Song, X., Li, M., Yu, Z., Cheng, W., Yu, Z., Zhang, W., Zhang, Y., Shen, A., Sun, H., & Li, L. (2023). Global spread of carbapenem-resistant Enterobacteriaceae: Epidemiological features, resistance mechanisms, detection and therapy. *Microbiological research*, 266, 127249. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127249>
3. Janecko, N., Martz, S. L., Avery, B. P., Daignault, D., Desrusseau, A., Boyd, D., Irwin, R. J., Mulvey, M. R., & Reid-Smith, R. J. (2016). Carbapenem-Resistant Enterobacter spp. in Retail Seafood Imported from Southeast Asia to Canada. *Emerging infectious diseases*, 22(9), 1675–1677. <https://doi.org/10.3201/eid2209.160305>.
4. Hoel, S., Vadstein, O., & Jakobsen, A. N. (2019). The Significance of Mesophilic Aeromonas spp. in Minimally Processed Ready-to-Eat Seafood. *Microorganisms*, 7(3), 91. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7030091>
5. Hirshfeld, B., Lavelle, K., Lee, K. Y., Atwill, E. R., Kiang, D., Bolkenov, B., Gaa, M., Li, Z., Yu, A., Li, X., & Yang, X. (2023). Prevalence and antimicrobial resistance profiles of Vibrio spp. and Enterococcus spp. in retail shrimp in Northern California. *Frontiers in microbiology*, 14, 1192769. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1192769>.

AISLAMIENTO DE *Listeria monocytogenes* DE BOTES COLECTORES DE LECHE EN PEQUEÑAS EXPLOTACIONES LECHERAS CAPRINAS.

José Luis Gutiérrez Hernández¹, Erika Gabriela Palomares Resendiz¹, Sara Nieto Landaverde¹ Salvador Arellano González², Víctor Rubén Tenorio Gutiérrez^{1*}

¹CENID SAI, INIFAP, ²Asociación Ganadera Local del Municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto.

*Autor para correspondencia: tenorio.victor@inifap.gob.mx

Palabras clave: Listeria, caprinos, biofilm.

Introducción

La listeriosis está considerada dentro de las enfermedades transmitidas por alimentos y es causada principalmente por *Listeria monocytogenes*, bacteria que se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza y los rumiantes pueden ser portadores sanos y excretarla por medio de heces fecales y leche. En las explotaciones pecuarias, esta enfermedad se ha relacionado frecuentemente con silos mal acondicionados, donde *L. monocytogenes* se desarrolla rápidamente.

La listeriosis en los humanos, es subdiagnóstica, pero tiene una alta letalidad, en ocasiones cinco veces mayor que la salmonelosis, y tasas de hospitalización de hasta el 97%, por lo cual representa una de las zoonosis más complejas.

Listeria puede sobrevivir e incluso desarrollarse en condiciones extremas de temperatura (0-45°C), pH (4-9), concentraciones de sal (0.5-30%), condiciones que le permiten mantener su viabilidad en muchos alimentos y persistir en los utensilios y superficies utilizados para la recolecta y procesamiento de los alimentos, gracias a su capacidad de producir biofilms. La presencia de estos consorcios bacterianos supone un fallo continuo de limpieza, ya que indica que hay zonas que no se limpian o no se aplica el procedimiento correcto, por lo que es importante realizar estudios en los instrumentos utilizados en la obtención y manejo de la leche, con el fin de conocer su papel en la transmisión de esta bacteria y proponer medidas correctivas.

Objetivo

Determinar la presencia de *Listeria monocytogenes* en los botes lechero, o cubetas, que se utilizan para la colecta de leche durante el ordeño, en pequeñas explotaciones lecheras caprinas.

Materiales y métodos

Se trabajó con 20 explotaciones lecheras de pequeños productores de caprinos del estado de Guanajuato, las cuales tenían un máximo de 50 animales en las unidades de producción.

Antes de iniciar el ordeño, se tomaron muestras de la superficie interior de los botes o cubetas que se utilizan para recibir la leche de la ordeña, los cuales habían sido lavados previamente por personal de la explotación. Para la obtención de las muestras se utilizaron hisopos estériles, estos se encontraban estériles y empacados en forma individual.

Con guantes, se extrajo el hisopo del tubo en el que se encontraba y se frotó con la máxima fuerza posible sobre la zona de muestreo, sin desintegrarlo y rotándolo (1).

Las muestras, cuando se trataba de superficies, se tomaron de un área de aproximadamente 10 cm² y de la mayor superficie posible cuando se trataba de las hendiduras. La obtención de estas, se realizó en el lugar más lejano y limpio de la zona de ordeño, con el fin de evitar en lo posible la contaminación.

El hisopo se introdujo en un tubo con medio Demi-Fraser ½, desecharon la parte en donde se manipuló durante la toma de la muestra, cerrando el tubo para proteger el hisopo de cualquier tipo de contaminación, y para que su extremo con la muestra permaneciera húmedo hasta el momento del análisis.

Tras la toma de la muestra, se frotó la zona muestreada con alcohol al 70%.

Los tubos con el medio de preenriquecimiento fueron trasladados al laboratorio en contenedores fríos y fueron procesados siguiendo las recomendaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-143-SSA1-1995 (2), para el aislamiento de *Listeria monocytogenes*, por lo que los tubos fueron incubados a 30°C durante 24 horas. Posteriormente, de cada uno de los tubos en donde se depositó la muestra, se tomaron 100 µL del medio de preenriquecimiento y se depositó en otro tubo con 9 mL de medio Demi-Fraser con citrato férrico de amonio (0.05%), estos tubos se incubaron a 30°C por 24 a 48 horas.

De los tubos de Demi-Fraser, se realizó una resiembra en agar Oxford con inhibidores, incubándose las placas a 35°C durante 24 a 48 horas.

De los desarrollos obtenidos se seleccionaron 5 colonias y se resembraron en agar soya tripticaseina con 6% de extracto de levadura (ASTEL). Las placas fueron incubadas a 35°C por 24 horas y a las colonias obtenidas se les realizaron pruebas de catalasa, oxidasa y motilidad en medio SIM, incubando los tubos a temperatura ambiente (20-25°C).

Finalmente, a las colonias sospechosas se les realizó la extracción de ADN utilizando el método de Fenol-Agua, para posteriormente realizar PCRpf, utilizando los iniciadores y condiciones descritas por Ramírez et al. 2014 (3), utilizando como control positivo las cepas *Listeria monocytogenes* ATCC 244, *Listeria monocytogenes* ATCC 43249 y como control negativo agua.

Resultados y discusión

Las muestras fueron tomadas por la mañana, antes de iniciar el ordeño, ya que los recipientes habían sido lavados con anterioridad y no mostraban señales de residuos de la ordeña anterior, y no habían sido manipulados por el ordeñador, seleccionando áreas tanto de la superficie interior, como de hendiduras del recipiente. Estos botes o cubetas, son utilizados diariamente para la colecta de la leche de todas las cabras que se encuentran en producción.

De las 20 muestras tomadas, 11 (55%) de ellas mostraron crecimiento con cambio de color negro del medio de Demi-Fraser con citrato férrico de amonio, debido a la hidrólisis de la esculina, ya que todas las especies de *Listeria* producen esta reacción.

Las 11 muestra positivas, fueron resembradas en Agar Oxford con inhibidores, seleccionando después de la incubación, las colonias de color gris-negro y con halo de color negro. De las muestras sembradas, 7 (63%) de ellas presentaron colonias con las características descritas.

A los desarrollos en ASTEL, que les realizaron las pruebas de catalasa y oxidasa, resultando todas positivas a catalasa y negativas a oxidasa, resultados que se esperan en el caso de aislamientos de *Listeria*.

Posteriormente en la prueba de motilidad en medio de SIM, 6 de ellas resultaron positivas a las 48 horas y la restante a las 96 horas. Para esta prueba es recomendable mantener los tubos a temperatura ambiente hasta por una semana para observar la motilidad.

Finalmente, con el ADN que se obtuvo de estas aislados, se realizó la PCRpf utilizando los iniciadores MAR1 y MAR2, que amplificar un fragmento de 453 pb de la secuencia del gen *iap*, obteniéndose en el corrimiento del gel agarosa, el amplicón esperado (453 pb) en los siete aislamientos positivos a las pruebas anteriores y en las cepas control, confirmándose como *Listeria monocytogenes*.

El gen *iap* codifica la proteína de superficie p60, la cual actúa como una murein hidrolasa, que participa en la división celular. Todas las especies de *Listeria*, producen la p60, pero cada una tiene una secuencia específica, por lo que es posible realizar la identificación de especie por esta prueba (4).

El aislamiento e identificación de *Listeria monocytogenes*, a partir de los botes o cubetas utilizados para el ordeño, las cuales se les había hecho un procedimiento de limpieza previamente, nos hace pensar en la presencia de biofilm en estos instrumentos de la ordeña, ya que las muestras fueron tomadas antes de ser manipulados por el personal que realiza la ordeña y con esto descartando la posibilidad de que la contaminación pueda venir de ellos.

El alto porcentaje de aislamientos logrados puede deberse, a las características de resistencia y multiplicación de *Listeria*, aunado a que no se aplica un procedimiento correcto de limpieza y/o que pueden existir zonas de difícil acceso al detergente o biocidas utilizados, además, de la capacidad mostrada por *Listeria* de producir de biofilm en una gran cantidad de materiales.

Conclusiones

Es importante considerar que los alimentos listos para consumir, como la leche y el queso, deben estar libres de este microorganismo, según las normas mexicanas (5) e internacionales (ISO 11290-1 y 2), por lo que es recomendable dar a conocer a los productores, la importancia de la aplicación de las buenas prácticas de manejo e higiene para la leche y productos lácteos

Referencias bibliográficas

1. Laboratorio de Referencia de la Unión Europea para la *Listeria monocytogenes*. Directrices sobre el muestreo de equipos y zonas de procesado de alimentos para la detección de *Listeria monocytogenes*. Anses. Versión 3 20 de agosto de 2012.

2. Norma Oficial Mexicana NOM-143-SSA1-1995, Bienes y servicios. Método de prueba microbiológico para alimentos. Determinación de *Listeria monocytogenes*. DOF, 19 de noviembre de 1997.
3. Ramírez B. G., Lara S. A.V., García T.C.G., Díaz A. A., Tenorio G.V.R. "Virulencia de cepas de *Listeria monocytogenes* procedentes de cabras y sus derivados. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 5(3):341-355, 2014.
4. Bubert, A., Stephan, K., and Werner, G., (1992a). The Homologous and Heterologous Regions within the *iap* Gene Allow Genus- and Species-Specific Identification of *Listeria* spp. by Polymerase Chain Reaction. Appl. Environ. Microbiol. 58(8):2625-2632.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. DOF. Modificación del 26 de diciembre de 2012.

PRESENCIA DE PLAGUICIDAS EN MIEL, CERA Y VARROA EN ABEJAS MELÍFERAS DEL ESTADO DE CAMPECHE.

Azucena Vargas-Valero^{1*} Jorge A. Vivas-Rodríguez¹, Daniel Dzul-Uuh¹ Julio Cesar Espinoza-Hernandez²

¹ CIRSE, INIFAP. ² UAA AN.

*Autor para correspondencia: vargas.azucena@inifap.gob.mx

Palabras clave: CCD, miel y cera, varroa destructor.

Introducción

Las abejas melíferas a nivel mundial son polinizadores de importancia, sin embargo, han sufrido una disminución en sus poblaciones, debido a diversos factores como la exposición a plaguicidas y la presencia del ácaro *Varroa destructor*, este se alimenta de la hemolinfa y del cuerpo graso de las abejas, disminuyendo su sistema inmune y longevidad, además es un vector de una gran diversidad virus. La presencia de varroa en las colonias de abejas puede llegar a reducir la población, afectar la producción de miel y en ocasiones ocasionar la pérdida o colapso si no se controla adecuadamente. Las abejas se exponen a los plaguicidas cuando buscan los recursos néctar-políniferos, sobre todo si las colonias están ubicadas cerca de áreas agrícolas. Se ha demostrado que la exposición a dosis subletales de plaguicidas puede afectar el comportamiento de la abeja, su aprendizaje olfativo y memoria. Los residuos de plaguicidas pueden acumularse en el pan de abeja, miel y cera. Ante este problema, en México se han presentado casos sobre la presencia de plaguicidas en productos de la colmena (Vargas-Valero *et al.*, 2021), sin embargo, no se han realizado estudios para el sureste del país y en específico para el estado de Campeche, así como también, debido a que en marzo del 2023 se reportó la mortandad del 30% de abejas en el estado, por lo tanto, surge la necesidad de hacer un monitoreo en cuanto a la presencia de plaguicidas en miel y cera y la presencia del ácaro Varroa.

Objetivo

Identificar y cuantificar la presencia de plaguicidas en muestras de miel y cera de abejas melíferas, así como también, determinar la prevalencia y nivel de infestación del ácaro *Varroa destructor* en el estado de Campeche.

Materiales y métodos

Ubicación experimental y obtención de las muestras. El estado de Campeche se localiza entre los paralelos 17°49'01" y 20°51'37" de latitud norte y entre los meridianos 89°05'20" y 92°28'21" de longitud oeste. Se obtuvieron un total de 10 muestras de miel y 10 de cera en diferentes apiarios de los principales municipios productores de miel (Calakmul, Campeche, Champotón y Hopelchén). Para seleccionar las zonas de muestreo, se ubicaron dos tipos de hábitat o áreas: (1) con Vegetación Primaria y/o acahuil (VP) (vegetación sin perturbar) apiarios que estuvieran dentro de un radio de 5 km y que no hubiera presencia de cultivos agrícolas o frutales y, (2) áreas con Vegetación Secundaria o plantaciones frutícolas y/o cultivos agrícolas (VS), apiarios que no estuvieran más allá de 2 km de radio con estas características. Posteriormente, también se ubicaron a sus respectivos dueños para verificar si el apiario tiene como mínimo 10 colmenas de abejas y si el apicultor estaba dispuesto a colaborar en el proyecto. Una vez ubicados los apiarios y apicultores se procedió a obtener cinco muestras de miel y cuatro de cera se obtuvieron de la VP y cinco muestras de miel y seis de cera de VS del estado de Campeche. A cada apicultor se le aplicó una encuesta sobre el manejo de las colonias. Para colectar la muestra con un cíter desechable se cortó un pedazo de panal con miel y otro con cera de aproximadamente 12 cm², la miel se colocó en tubos eppendorf con una capacidad de 14 ml y la cera en bolsas ziploc de plástico, cada muestra con su respectiva identificación. Una vez obtenidas las muestras (una de miel y cera por apiario), se conservaron en congelación a -20 °C hasta su análisis por Cromatografía de gases-cuadrupolo triple-análisis de espectrometría de masas (GC-MS/MS), en el laboratorio de servicios Analíticos del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C., sede Noreste.

Análisis de residuos de plaguicidas en miel y cera. Productos químicos y soluciones. Los estándares analíticos de los plaguicidas se obtuvieron de ChemService, Inc. (West Chester, PA, USA): Sigma-Aldrich-Fluka (St. Louis, MO, USA), Sigma-Aldrich-Supelco (Bellefonte, PA, USA), Accustandard (New Haven, CT, USA), y ULTRA Scientific (N. Kingstown, RI, USA).

Preparación y extracción de muestras. De cada muestra se tomaron 7 g de miel y 3 g de cera. La preparación y extracción de residuos de plaguicidas se realizó de acuerdo con una modificación del método analítico “QuEChERS” (Valdovinos-Flores *et al.*, 2017)

Cromatografía de gases - cuadrupolo triple - análisis de espectrometría de masas (GC-MS/MS). Para la cromatografía de gases, se usó un cromatógrafo de gases 7890A acoplado a un espectrómetro de masas cuadrúpedo triple 7000B con ionización de impacto de electrones (EI), equipado con un automuestreador 7693A (Agilent Technologies).

Varroa destructor. El diagnóstico de varroa se realizó mediante la técnica del agitado de abejas descrita por De Jong D. Para determinar el porcentaje de infestación se dividió el número de ácaros entre el número de abejas y se multiplicó por cien.

Resultados

De las muestras analizadas de miel todas presentaron trazas de fipronil tanto en VP como VS. En cambio, en la cera presentó la mayor diversidad de plaguicidas, siendo el organofosforado coumafós el que presentó concentraciones de hasta 1.133 mg/kg en un apíario ubicado en la VS (Cuadro 1).

Para el nivel de infestación del ácaro varrao en la VP y VS se encontraron niveles inferiores al 5 % excepto por una muestra con un 11% para la VS.

Cuadro 1. Plaguicidas encontrados en miel y cera de colonias abejas y la presencia de varroa en el estado de Campeche

	Muestra	Miel		Cera		
		Compuesto	Concentración (mg/kg)	Compuesto	Concentración (mg/kg)	
VP	01	Fipronil	< 0,005	Tetrahidroftalimida, cis-1,2,3,6-	0.00	2.9
	02	Fipronil	< 0,005			2.9
	03	Fipronil	< 0,005	Coumafós	0.026	0.9
	04	Fipronil	< 0,005	Tetrahidroftalimida, cis-1,2,3,6-	0.010	2.9
	05	Fipronil	< 0,005	Tetrahidroftalimida, cis-1,2,3,6- Coumafós	0.00	0.5
VS	01	Fipronil	< 0,005	Coumafós	1.133	2.4
	02	Fipronil	< 0,005	Tetrahidroftalimida, cis-1,2,3,6- BHC Alfa	0.081	11
	03	Fipronil	< 0,005	Dieldrin	0.00	0
	04	Fipronil	< 0,005	Boscalid	0.00	2.9
	05	Fipronil	< 0,005	Pentacloroanisol	0.043	0.3
	06	Fipronil	< 0,005	Tetrahidroftalimida, cis-1,2,3,6- Coumafós	0,016	2.1
				Acrinathrin	0.00	
				Pentacloroanisol	0.00	

VP= vegetación primaria, VP= vegetación secundaria

Discusión

La mayor diversidad y cantidad de plaguicidas se detectaron en la cera, siendo principalmente los insecticidas, fungicidas y acaricidas, en comparación con la miel, dichos resultados coinciden con los presentados por Vargas-Valero *et al.* (2021) para la región centro norte de México, esto se debe a que la mayoría de los plaguicidas son hidrofóbicos los cuales presentan alta estabilidad y por tanto, se pueden

transferir fácilmente a la cera de abejas (Calatayud-Vernich *et al.*, 2018), además, del manejo inadecuado por parte de los apicultores, como el bajo reemplazo y el reciclarla para introducirla nuevamente a la colmena.

En todas las muestras de miel se encontraron trazas de fipronil. La cera presentó la mayor diversidad, en el 50% de las muestras se encontraron trazas de coumafós excepto una muestra con el 1.133 mg/kg, el cual rebasó el límite máximo de residuos (LMR) por la UE (0.1 mg/kg), al igual que otra muestra con el metabolito captan (0.081 mg/kg) que rebasó el LMR del 0.05 mg/kg.

La alta concentración encontrada es un caso aislado que difiere con lo encontrado por Valdovinos-Flores *et al.* (2016), en el cual encontraron concentraciones que van desde 0.155 a 2.220 mg/kg, lo que podría reflejar que algunos apicultores siguen utilizando indiscriminadamente el “Polvo Mágico”. Por tanto, se requieren más estudios para monitorear longitudinalmente la concentración de plaguicidas en la cera y miel de colmenas en la región.

En cuanto a los bajos niveles de infestación, puede deberse a que las abejas melíferas al igual que en otros países han creado mecanismos de supervivencia, donde existen poblaciones de abejas que sobreviven naturalmente a la varroa como el caso de las abejas africanizadas, las cuales hay presencia de estas en el lugar donde se realizó el presente estudio, no obstante diferentes causas pueden explicar el fenómeno de resistencia, como la inmunidad individual y social, el olfato, el propoleo, los virus, la reproducción de varroa y enjambrazón. Las causas pueden no ser las mismas en las diferentes poblaciones de abejas, pero se ha demostrado que *Apis mellifera* puede sobrevivir a *V. destructor* sin tratamientos.

Conclusiones

La miel del estado de Campeche se encuentra con trazas de plaguicidas, sin embargo, la cera presentó una mayor diversidad de plaguicidas en bajos niveles de cuantificación, excepto por una muestra que rebasó el LMR por el acaricida coumafós. En cuanto a niveles de infestación el ácaro varroa se encuentra presente en bajos niveles, excepto por una muestra con el 11 % de infestación. Se requiere más estudios a lo largo de los años y abarcando un mayor número de muestras para monitorear el comportamiento.

Agradecimientos y fuente financiadora

A los apicultores del estado de Campeche que otorgaron las facilidades para la recolecta de las muestras. Al INIFAP por el financiamiento para llevar a cabo el proyecto.

Referencias bibliográficas

1. Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simó, E., & Picó, Y. (2018). Pesticide residues in honey bees, pollen and beeswax: Assessing beehive exposure. *Environmental Pollution*, 241, 106–114.
2. Valdovinos-Flores, C., Gaspar-Ramírez, O., Heras-Ramírez, M. E., Lara-Álvarez, C., Dorantes-Ugalde, J. A., & Saldaña-Loza, L. M. (2016). Boron and Coumaphos Residues in Hive Materials Following Treatments for the Control of *Aethina tumida* Murray. *PLOS ONE*, 11(4), e0153551.
3. Vargas-Valero, A., Reyes-Carrillo, J. L., Gaspar-Ramírez, O., & Moreno-Reséndez, A. (2021). Parasitosis y residuos de plaguicidas en miel y cera en colonias de abejas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), 1-13.

COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA, COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE MIEL DE ABEJAS SIN AGUIJÓN Y *APIS MELLIFERA*: REVISIÓN ANALÍTICA Y META ANÁLISIS.

Ana Karen Zaldivar-Ortega¹, Antonio de Jesús Cenobio-Galindo¹, Gabriel Aguirre-Álvarez¹, Uriel González-Lemus¹, Nuria Morfin², Juan Carlos Angeles-Hernández¹

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Universidad Km. 1 s/n Exhacienda Aquetzalpa, 43600 Tulancingo de Bravo, Hidalgo. ²Department of Biochemistry & Molecular Biology, Michael Smith Laboratories, The University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada.

*Autor para correspondencia: juan_angeles@uaeh.edu.mx

Palabras clave: Miel, abejas sin aguijón, *Apis mellifera*.

Introducción

Las especies de abejas más utilizadas para la producción de miel son la abeja melífera (*Apis mellifera*) y las abejas sin aguijón. Se calcula que existen aproximadamente 500 especies. La mayoría de estas especies se encuentran en América Latina, África, Asia y Australia (Abd et al., 2017). Se ha demostrado que los géneros y especies de abejas tienen un impacto significativo en los parámetros fisicoquímicos y el contenido de compuestos bioactivos. Los compuestos fenólicos se han asociado a actividades beneficiosas como el efecto antimicrobiano y antioxidante. Los parámetros fisicoquímicos de la miel sin aguijón difieren en comparación con la miel de *A. mellifera*, como el color, mayor contenido de humedad y mayor acidez (Biluca et al., 2016). En contraste, el pH, los azúcares reductores y la actividad de la diastasa suelen ser más bajos en la miel de abejas sin aguijón que en la miel de *A. mellifera*. Los compuestos fenólicos, la actividad antioxidante y la composición fisicoquímica de la miel están influidos por muchos factores, como el origen botánico, el clima, las condiciones ambientales, la zona geográfica, la latitud, la estación y las especies de abejas (Jiménez et al., 2016).

Objetivo

El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar y comparar el contenido de compuestos fenólicos, la actividad antioxidante y las propiedades fisicoquímicas en la miel de *A. mellifera* y de abejas sin aguijón.

Materiales y métodos

Estrategia de búsqueda: Se realizó una búsqueda exhaustiva y estructurada de artículos científicos utilizando el protocolo PRISMA (Page et al., 2021). La búsqueda se centró en estudios que compararan el contenido de compuestos fenólicos, la actividad antioxidante y la composición fisicoquímica de la miel de *A. mellifera* y a la miel producida por abejas sin aguijón. Se obtuvieron publicaciones científicas de diversas bases de datos, como Google Scholar, Primo-UAEH, PubMed y DOAJ. Se seleccionaron 14 estudios para incluirlos en el procedimiento de meta análisis, compuesto por 34 ensayos.

Análisis estadístico: El primer paso de la revisión analítica consistió en realizar un análisis descriptivo utilizando el paquete «psych» versión 2.1.9 en el entorno informático estadístico R (R Core Team, 2020).

Procedimiento de metanálisis: Se calculó el tamaño del efecto (TE) y mediante el cálculo de la diferencia de medias estandarizada (DME) de acuerdo al método propuesto y diferencia de medias bruta (DMB). Todos los análisis se realizaron en el entorno R para computación estadística (versión 4.0.2; R Core Team, 2021) utilizando el paquete 'meta' versión 4.13-0. El grado de heterogeneidad se calculó como sigue (ecuación 1):

$$I^2 = \frac{Q - (k - 1)}{Q} \times 100$$

Resultados

Tabla 1. Diferencia de medias estandarizada (DME) y diferencia de medias bruta (DMB) del modelo de efectos aleatorios con un IC del 95% y prueba de heterogeneidad de los resultados de los compuestos fenólicos, la actividad antioxidante y los parámetros fisicoquímicos de la miel de *A. mellifera* y de abejas sin aguijón.

Variable	Ens ayo s (n)	Apis mellifera mean (SD) ^a	Tamaño del efecto		Heterogen eidad		Sesg o	
			DMB (95% CI) ^b	P- valor	DME (95% CI) ^c	P- valor	I^2 (%)	P- valor
Fenoles (mg GAE/100 g)	34	61.21 (28.30)	+33.69 (+7.11, +60.27)	0.01	+2.45 (-4.78, +9.70)	0.50	90.4	0.00 01 1
Flavonoides (mg QE/100 g)	33	9.94 (8.7)	+3.59 (-0.01, +7.19)	0.05	+2.56 (-0.70, +5.83)	0.12	89.3	0.00 1 6
DPPH (μmol TE/100 g)	30	78.10 (20.21)	+37.57 (-13.60, 88.76)	0.15	+2.0 (-3.41, +7.41)	0.46	90.4	0.00 1 9
FRAP (μmol Fe(II)/100 g)	23	97.34 (7.84)	63.39 (+15.52, +111.26)	0.00	+4.51 (+1.60, +7.42)	0.002	89.7	0.00 01 8
Humedad (%)	31	19.54 (3.65)	+ 8.02 (+5.93, +10.11)	0.00	+10.09 (+6.52, +13.66)	0.0001	92.6	0.00 01 006
Hidroximetilfur fural (mg/kg)	17	20.14 (16.27)	-11.25 (-15.88, - 6.62)	0.00	-3.96 (-6.07, - 1.85)	0.0002	93.5	0.00 01 08
Acidez libre (meq/kg)	19	31.32 (16.67)	+34.76 (+7.17, +62.34)	0.01	+3.17 (-0.45, +6.81)	0.08	93.6	0.00 01 2
Color (mm/Pfund)	18	64.48 (11.93)	+10.24 (-10.22, 30.71)	0.32	-6.31 (-12.23, - 0.39)	0.036	95.1	0.00 01 01
Proteína (g/kg)	22	3.49 (4.08)	-0.31 (-1.18, -0.55)	0.48	-0.83 (-3.98, +2.30)	0.60	92.6	0.00 01 7

^aMean and standard deviation of *A. mellifera* honey. ^bRMD is the raw mean difference that estimates the global effect expressed in the original unit measures. ^cSMD is the standardized mean difference estimated of the random model. ^dP-value of Begg's test; P-values > 0.05 I^2 is measure of heterogeneity of random model.

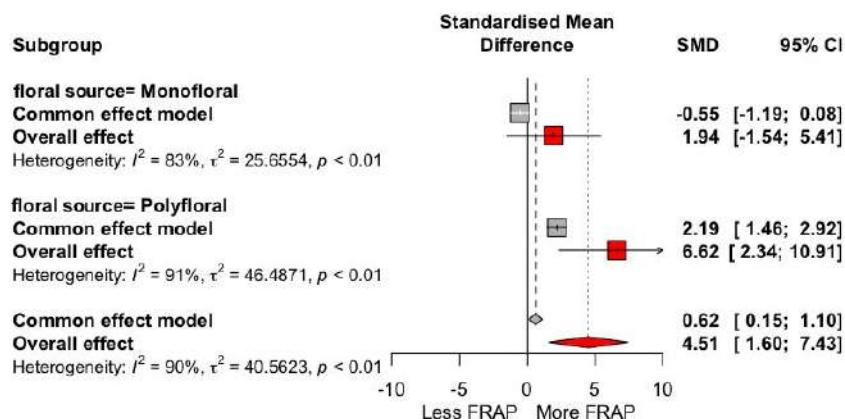


Figura 1. Diagrama de bosque de la actividad antioxidante mediante el método de FRAP ($\mu\text{mol Fe(II)}/100 \text{ g}$) de los ensayos de origen floral, divididos en origen monofloral y polifloral. El tamaño del punto refleja la ponderación relativa del estudio al tamaño del efecto global estimado, donde un tamaño del punto mayor representa una mayor ponderación y el tamaño del efecto combinado estimado, incluyendo los intervalos de confianza. El rombo representa la diferencia de medias brutas (DMC) del efecto global.

Discusión

Los resultados mostraron que el contenido en fenoles y flavonoides en la miel, varían de acuerdo al tipo de abeja (*A. mellifera* y abejas sin aguijón). Esto podría ser debido a las distintas características morfológicas y fisiológicas entre las abejas. Las abejas sin aguijón son más pequeñas que las *A. mellifera*, esto les permite polinizar flores de pequeño tamaño y les proporciona acceso a diferentes fuentes de polen y néctar (Abd *et al.*, 2017). Los compuestos fenólicos presentes en la miel pueden donar un electrón a los radicales libres, generando la actividad antioxidante. La mayor actividad antioxidante en la miel de abejas sin aguijón puede estar relacionada con la presencia de compuestos bioactivos como flavonoides y compuestos fenólicos (Kek *et al.*, 2014). En cuanto a los parámetros fisicoquímicos como la humedad, hidroximetilfurfural, la acidez libre, y el color varían entre la miel de *A. mellifera* y la miel de abejas sin aguijón (Jiménez *et al.*, 2016). Esto sucede posiblemente debido a la forma de almacenamiento y recolección de miel, ya que las abejas sin aguijón recolectan néctar de las flores de plantas de bajo crecimiento, que tienden a producir néctar rico en agua que podría aumentar el contenido de humedad de la miel (Abd *et al.*, 2017). El contenido de HMF está influenciado por varios factores, como el calor, el tiempo de almacenamiento prolongado, el contenido de azúcares simples, el contenido de ácidos, minerales, fuentes florales y condiciones ambientales. La acidez entre mieles podría estar relacionada con la procedencia floral, la época de recolección, el proceso de almacenamiento y la zona geográfica (Jiménez *et al.*, 2016). Finalmente, la diferencia en el color de la miel podría deberse al origen botánico, el contenido fenólico, las reacciones bioquímicas durante la maduración de la miel y la exposición a altas temperaturas o a la luz (Kek *et al.*, 2014).

Conclusiones

El contenido de compuestos bioactivos, la actividad antioxidante y la composición fisicoquímica están influenciados por el origen botánico, la zona geográfica, el clima, la latitud y la especie de abeja. La miel producida por las abejas sin aguijón presenta un elevado nivel de acidez libre y de humedad, por lo que no cumplen con los estándares de la miel producida por *A. mellifera*. Así pues, es necesario disponer de una norma de calidad exclusiva para la miel de abejas sin aguijón para mejorar la producción y la comercialización que garantice productos auténticos a los consumidores.

Referencias bibliográficas

1. Abd Jalil, M. A., Kasmuri, A. R., & Hadi, H. (2017). Stingless bee honey, the natural wound healer: A review. *Skin Pharmacology and Physiology*, 30(2), 66-75. <https://doi.org/10.1159/000458416>
2. Biluca, F. C., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, 50, 61-69. doi: 10.1016/j.jfca.2016.05.007
3. Jimenez, M., Beristain, C. I., Azuara, E., Mendoza, M. R., & Pascual, L. A. (2016). Physicochemical and antioxidant properties of honey from *Scaptotrigona mexicana* bee. *Journal of Apicultural Research*, 55(2), 151-160. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1205294>
4. Kek, S. P., Chin, N. L., Yusof, Y. A., Tan, S. W., & Chua, L. S. (2014). Total phenolic contents and colour intensity of Malaysian honeys from the *Apis* spp. and *Trigona* spp. bees. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 150-155. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.022>
5. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *International journal of surgery*, 88, 105906. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE CARNE FRESCA DE PORCINO COMERCIALIZADA EN PUNTOS DE VENTA EN CULIACÁN, SINALOA.

Keydi Leticia Rivera-Vargas², Ana Mireya Romo-Valdez^{1*}, Adriana Cervantes-Noriega¹, Jorge Luis Ramos Méndez¹, Francisco Gerardo Ríos-Rincón¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Autónoma de Sinaloa, ²Instituto de Investigaciones de Ciencias Veterinarias-Universidad Autónoma de Baja California.

*Autor para correspondencia: e.ana.romo@uas.edu.mx

Palabras clave: Puntos de venta, calidad de carne, carne porcina.

Introducción

La calidad de la carne se define como el conjunto de características cuya importancia relativa le concede al producto el nivel de aceptación por parte de los consumidores; en este sentido los indicadores de calidad refieren el valor del pH que la carne de cerdo alcanza a los 45 minutos *postmortem*, si es inferior a 6.0 se considera un factor que propicia la presentación de la carne pálida, suave y exudativa y la convierte en un producto vulnerable al ataque microbiano reduciendo su vida útil (Adzitey et al., 2011). A medida que incrementa el valor de pH, puede afectar el color de la carne, así como la capacidad de retención de agua (CRA) y modifica la aceptabilidad visual del producto durante el proceso de maduración y posterior exhibición en los anaqueles de los puntos de venta, además afecta el rendimiento por cocción (Warner, 2022). El color se considera uno de los principales atributos que influyen en el juzgamiento por parte del consumidor, al asociar está característica con el grado de frescura y calidad de la carne (Mancini and Hunt, 2005); se conoce que la estabilidad del color a lo largo del tiempo determina la vida útil de la carne.

Objetivo

Caracterización fisicoquímica de la carne fresca de porcino comercializada en diversos puntos de venta en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

Materiales y métodos

Se analizaron 17 muestras de *M. longissimus dorsi* de cerdo, provenientes de las vitrinas de exhibición al público en nueve puntos de venta. Se determinaron los valores de pH, capacidad de retención de agua y color ($L^*a^*b^*$), conforme al procedimiento referido por Braña et al. (2011).

Para la determinación de la pérdida de peso por cocción (PPC) se realizó el procedimiento que a continuación se describe: se prepararon porciones de 100 g a un grosor de 1.5 a 2.0 cm mediante rebanado manual. Luego mediante una balanza de precisión se registró el peso de las porciones en fresco. Previamente la parrilla de cocción (George Foreman Grill, USA) se calentó a 145 °C, y se colocaron las porciones para su cocción durante dos minutos por lado. Después se retiraron de la parrilla y se registró la temperatura interna de la carne (75 °C); se dejó enfriar sobre papel absorbente para retirar el exceso de humedad. Finalmente se monitoreo la temperatura de las porciones y al mostrar entre 28 y 30 °C se registró el peso de la carne cocinada.

Todos los análisis se realizaron por triplicado, los resultados fueron sometidos a análisis descriptivos donde se obtuvieron los valores de la media y la desviación estándar.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presenta el promedio de los resultados de las características fisicoquímicas de la carne de cerdo comercializada en Culiacán, Sinaloa. Uno de los cambios más importantes durante la conversión de músculo en la carne es la acidificación al disminuir el valor del pH de 7.0 a 5.5 transcurridas 24 horas *postmortem*, de tal manera que el descenso del pH es el indicador más importante en la calidad de la carne de cerdo ya que se encuentra relacionado con los atributos tales como el color y la capacidad de retención de agua. En el presente estudio, el valor promedio del pH fue de 5.67 unidades. Se conoce que el valor del pH de una carne normal oscila entre 5.6 y 6.1 unidades, por lo que el resultado aquí mostrado, se encuentra dentro de este rango.

La importancia del color de la carne de cerdo radica como uno de los principales atributos que influye en la decisión de compra de este producto alimenticio ya que, si exhibe defectos detectables a la vista, el rechazo es inmediato. El color de la carne es determinado por diversos factores, principalmente por el estado de óxido reducción de los pigmentos, así como por la microestructura muscular. Esto se refleja en la composición del color de la carne de cerdo, expresada por la Luminosidad (L^*), el color rojo a verde (a^*) y el color amarillo a azul (b^*), indicadores de referencia para determinar las variaciones en estos parámetros. La luminosidad en carne de cerdo varía de 49.52 a 62.78, el color rojo de 6.47 a 7.87 y el color amarillo de 13.15 a 15.34 unidades. En el presente estudio el valor de L^* fue de 57.18, a^* de 8.55 y b^* de 12.01 unidades. Mediante estos valores es posible inferir que se trata de una carne de cerdo que se encuentra dentro de los rangos para la variable L^* , ligeramente alto para el indicador a^* y también ligeramente bajo para el indicador b^* . Desde la perspectiva del consumidor esto no es una limitante para decidir por su elección para la compra como primer indicio de calidad y frescura del producto, así como la percepción que se tiene acerca del color y la apariencia de la carne, como principal referente de calidad organoléptica.

La capacidad de retención de agua se define como la habilidad del músculo para retener agua aun cuando se somete a presiones externas. La expresión de este indicador en la carne fresca depende de diversos factores entre ellos el pH, tiempo *postmortem* transcurrido, temperatura de almacenamiento y especie animal, así como las condiciones de manejo previo a la matanza. En el caso de la CRA de la carne de cerdo es mayor que la de carne bovina, en parte debido a la velocidad de descenso y valor final del pH en la carne de cerdo. En el presente estudio, el valor de este indicador fue de 70.39 %, que se corresponde con el amplio rango de 54.0 a 84.4 %.

Salvo excepciones, la opción de comer carne cruda no es agradable para el paladar; por ello, al someter a la carne cruda a un tratamiento térmico, generalmente calor, conduce a obtener un producto alimenticio más digerible y apetitoso; sin embargo, temperaturas elevadas o tiempos prolongados de cocción incrementan la perdida de nutrientes y aumentan la pérdida de jugosidad debido a la deshidratación y evaporación del agua contenida, por lo que se afecta su calidad organoléptica además de la reducción en el peso y volumen de la carne. La suma de estos factores contribuye al incremento de la pérdida por cocción de la carne porcina. En el presente estudio, la pérdida de peso por cocción promedio proveniente de diversos puntos de venta fue de 38.78 %. En porciones de carne porcina posterior al cocimiento se refieren pérdidas de 35 % (Sheard *et al.*, 1998).

Cuadro 1. Valores medios±desviación estándar de las variables de características de la carne proveniente de diversos puntos de venta.

Variables	Valores
pH	5.67±0.02
Color	
L^*	57.18±0.46
a^*	8.55±0.28
b^*	12.01±0.23
Capacidad de retención de agua, %	70.39±0.86
Pérdida de peso por cocción, %	38.78±0.53

Conclusiones

La carne de cerdo comercializada en la ciudad de Culiacán presenta atributos deseables para fines comestibles que pueden favorecer su aceptación por parte del público consumidor.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al personal técnico del Laboratorio en Ciencia de la Carne y Productos Cárnicos las facilidades prestadas para el desarrollo de la presente investigación.

Referencias bibliográficas

1. Adzitey F., Nurul H. 2011. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences - a mini review. International Food Research Journal. 18: 11-20.
2. Braña D., Ramírez E., Rubio M., Sánchez A., Torrescano G., Arenas M. L., Partida J. A., Ponce E., Ríos F. G. 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en 16 Fisiología y Mejoramiento Animal. No.11. Ajuchitlán, Colón, Querétaro, Mx.
3. Mancini R. A., Hunt M. 2005. Current research in meat color. Meat science, 71(1): 100-121. DOI:10.1016/j.meatsci.2005.03.003
4. Sheard P.R., Wood J.D. Nute G.R., Ball R.C. 1998. Effects of grilling to 80 °C on the chemical composition of pork loin chops and some observations on the UK National Food Survey estimate of fat consumption. Meat Science. 49(2):193-204. Doi: 10.1016/s0309-1740(97)00138-1
5. Warner R. D. 2023. The eating quality of meat: IV—Water holding capacity and juiciness. In Lawrie's meat science. Pp. 457-508. Woodhead Publishing. DOI: 10.1016/B978-0-323-85408-5.00008-X

FRECUENCIA DE CONTAMINACIÓN CON *LISTERIA MONOCYTOGENES* EN AGUAS SUPERFICIALES PARA USO AGROPECUARIO EN EL CENTRO DE MÉXICO.

Melany Joyce Escobar-Guzmán, Luz del Carmen Sierra -Gómez Pedroso, Giovanni Eduardo Galván-Alvarez, Francisco Javier Caballero-Valdez, Alexis Emmanuel Cano-Mendoza, Enrique Jesús Delgado-Suárez*.

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor para correspondencia: ejids@fmvz.unam.mx

Palabras clave: *Listeria monocytogenes*, agua superficial, aislamiento.

Introducción

La listeriosis es una enfermedad de importancia global debido a su alta tasa de mortalidad, lo que la convierte en un significativo problema de salud pública. En este estudio, se investigó la frecuencia de contaminación con *Listeria monocytogenes* en cuerpos de aguas superficiales para uso agropecuario en el centro de México. Hasta la fecha, la mayoría de los estudios en aguas superficiales se enfocan en *Salmonella* spp. No obstante, se ha documentado que las aguas de riego constituyen un importante vehículo para introducir *L. monocytogenes* en las cadenas alimenticias. Por ello, es importante realizar investigación en este campo, considerando que México es un gran exportador de frutas y hortalizas a Estados Unidos, nación en la cual ocurren con frecuencia retiros de mercado y brotes de infección asociados con *L. monocytogenes*.

Objetivo

Estimar la frecuencia de contaminación con *Listeria monocytogenes* en cuerpos de agua superficial para uso agropecuario en el centro de México.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo con un esquema de muestreo por conveniencia en cuerpos de agua superficial (ríos, lagos, canales de riego y presas) de cinco estados de México (Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala y Morelos). Los sitios muestreados fueron seleccionados con base en los siguientes criterios: accesibilidad al público, acceso en vehículo, ausencia de riesgos de seguridad asociados con el crimen organizado y proximidad al laboratorio para poder procesar las muestras en no más de 24 h. El mapa con la ubicación de los cuerpos de agua muestreados se puede consultar en Google Maps:

<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1dScbM7NgBr6eoybRmPlmb1qey2GcbK&usp=sharing>

Muestreo

Se realizaron diez rondas de muestreo entre marzo y junio de 2024, en las cuales se tomaron 80 muestras de cuerpos de agua superficiales. Estas se procesaron en sitio mediante la técnica de hisopo modificado de Moore (MMS)¹. Posteriormente se transportaron al laboratorio para su análisis dentro de las siguientes 24 h, en hieleras con geles refrigerantes, a 4°C aproximadamente.

Aislamiento e identificación molecular

El aislamiento de *L. monocytogenes* se realizó siguiendo el protocolo descrito en el Bacteriological Analytical Manual (BAM) de la FDA, con algunas modificaciones². Además, se confirmó la identidad del patógeno por medio de la tinción de Gram, PCR y espectrometría de masas con un equipo MALDI TOFF MS 1000 AUTOBIO. La extracción del ADN se realizó siguiendo la metodología descrita por Abolmaaty et al. (2000)³.

Resultados y discusión

Se observó una frecuencia de contaminación global del 17.5% (14/80), sin que se observara una asociación significativa entre la tasa de contaminación del agua y el estado ($X^2 = 1.3$, $P = 0.8559$). Aunque el patógeno se detectó en frecuencias bajas (Tabla 1), los resultados evidencian que los cuerpos de agua funcionan como reservorio de *L. monocytogenes*. Se requieren nuevos estudios para determinar si la bacteria se logra diseminar hacia productos agrícolas o pecuarios y con ello, realizar una mejor estimación de los riesgos a la salud pública que de esto se deriva.

Tabla 1. Frecuencia de contaminación con *L. monocytogenes* en cuerpos de agua superficial por entidad federativa

Estado	No. Muestra	No. Positivos	No. Negativos	% Positividad
Ciudad de México	14	3	11	3.75
Estado de México	18	2	16	2.5
Hidalgo	19	3	16	3.75
Morelos	17	5	12	6.25
Tlaxcala	12	1	11	1.25
Total	80	14	66	17.5

Conclusiones

Las aguas superficiales empleadas en la producción de alimentos, en el centro de México, están contaminadas con *L. monocytogenes*, en frecuencias relativamente bajas. En el marco de este trabajo, no es posible determinar los riesgos a la salud pública que de esto se deriva, por lo que se requiere de nuevas investigaciones para responder a esta interrogante.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del Dr. Francisco Alejandro Ruiz López, por realizar el muestreo en campo; a la Dra. Jacquelynne B. Cervantes Torres, Departamento de Microbiología e Inmunología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (FMVZ-UNAM), por el apoyo técnico para realizar la confirmación de *L. monocytogenes* por MALDI-TOFF, así como al personal y a los estudiantes de licenciatura y posgrado, Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública (FMVZ-UNAM) que apoyaron el trabajo de laboratorio.

Fuente financiadora

Joint Institute for Food Safety and Applied Nutrition (JIFSAN), Universidad de Maryland, a través de un proyecto financiado por Food and Drug Administration, con clave U01FDU001418.

Referencias bibliográficas

1. Delgado E. Modified Moore swab method for microbiological surface waters sampling. 2022 [citado el 5 de junio de 2024]; Disponible en: <https://www.protocols.io/view/modified-moore-swab-method-for-microbiological-sur-dm6gpwjm8lp/v1>
2. Anthony, A., Hitchins, D., Jinneman, K. y Chen, Y. (2022). Manual de Análisis Bacteriológico (BAM) Capítulo 10: Detección de Listeria monocytogenes en alimentos y muestras ambientales, y enumeración de Listeria monocytogenes en alimentos 23.
3. Abolmaaty, A., Vu, C., Oliver, J. y Levin, RE (2000). Desarrollo de una nueva solución de lisis para liberar ADN genómico de células bacterianas para la amplificación del ADN mediante reacción en cadena de la polimerasa. Microbios, 101(400), 181–189.
4. Gasanov U, Hughes D, Hansbro PM. Methods for the isolation and identification of *Listeria* spp. and *Listeria monocytogenes*: a review. FEMS Microbiol Rev [Internet]. 2005;29(5):851–75. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.femsre.2004.12.002>
5. Listeriosis [Internet]. Who.int. [citado el 5 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/listeriosis>

FRECUENCIA DE CONTUSIONES EN CANALES BOVINAS: TIPO DE GANADO Y LOCALIZACIÓN ANATÓMICA.

Jesús Raúl Cárdenas Ramírez¹, Ana Mireya Romo-Valdez¹, Adriana Cervantes-Noriega^{1*}, Francisco Gerardo Ríos-Rincón¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Autónoma de Sinaloa

*Autor para correspondencia: adrianacervantes.fmvz@ms.uas.edu.mx

Palabras clave: Ganado bovino, contusiones, región anatómica.

Introducción

En el panorama ganadero mundial, el estudio del comportamiento y bienestar de los animales domésticos ha despertado un fuerte interés en la industria ganadera y se debe principalmente a tres razones fundamentales: la primera, relacionada a una gran cantidad de evidencias científicas que relacionan al comportamiento de los animales domésticos con afectaciones a los indicadores de la productividad y de la salud animal; la segunda, debido a la creciente tendencia de transición a sistemas de producción en ámbitos de sostenibilidad ecológica, económica y social, y la tercera, a la constante presión social que pugna por modelos de producción con sustento en raíces éticas (Miranda de la Lama, 2012).

Los eventos involucrados en el proceso de transporte y manejo general del ganado destinado a producir carne, tales como el uso de diferentes elementos de arreo, la carga, el hacinamiento en corrales y en vehículos en movimiento, la descarga, la privación de agua y alimento y otros, son considerados factores de riesgo y están entre los más estresantes; por ello todos estos manejos pueden afectar el bienestar de los animales y pueden provocar, además, problemas de calidad en la carne. Se considera que la presencia de daños físicos, tales como contusiones y su relación con la calidad en las canales, como alteración en la calidad de la carne se reflejan en el pH, color y capacidad de retención de agua, son indicadores de estrés severo o prolongado y de un pobre bienestar (Gallo y Tadich, 2005).

La implementación de prácticas de bienestar animal en la cadena de producción de carne bovina no es una prioridad generalizada, aunque en México, las plantas certificadas como exportadoras de carne bovina, han iniciado la implementación de estrategias que favorezcan al bienestar animal, esto como un elemento diferenciador para la comercialización de sus productos y como una oportunidad para incluir estos aspectos en sus programas de aseguramiento de la inocuidad y en apego a la normativa oficial mexicana.

Objetivo

Valorar la frecuencia de contusiones en la canal bovina por tipo de ganado y localización anatómica, procesado en una planta exportadora de carne Tipo Inspección Federal.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de una Unidad de Producción Pecuaria (UPP) ubicada en el Municipio de Culiacán, Sinaloa, México (24° 39'03 N y 107° 17'09 O; 70 msnm); los bovinos se condujeron desde los corrales de engorda hasta las instalaciones de la planta Tipo Inspección Federal ubicada dentro de las instalaciones de la propia UPP. El procedimiento utilizado consistió en conducir a los bovinos mediante arreo directo utilizando para ello cuatrimotor, motocicletas y diversos instrumentos de arreo, no contemplados para el efecto en la normativa oficial mexicana.

Los bovinos fueron aturdidos y posteriormente desangrados de acuerdo con los lineamientos establecidos por la NOM-033-SAG/ZOO-2014, “Método para dar muerte animales domésticos y silvestres”. Despues del aturdimiento, desangrado, despielado mecánico y decapitado de los bovinos, cuando la canal llegó a la estación de eviscerado se registró la ubicación anatómica, tamaño y severidad de la contusión de las canales.

Las canales se inspeccionaron para el registro y clasificación de las contusiones con un formato diseñado específicamente para tal fin. Visualmente la canal se dividió en dos planos (derecho e izquierdo), a su vez, en ocho regiones cada canal: cuarto posterior, abdomen, costillar, cuarto posterior, dorso, tuberosidad coxal, tuberosidad isquiática y cola. La inspección se realizó de manera sistemática y en la línea de producción, inmediatamente antes de que las canales se dividieran en dos medias canales; el registro de las contusiones se inició por el plano derecho, seguido de la zona del dorso y finalizando por el lado izquierdo de la canal; la observación de la canal se hizo de posterior a anterior en todos los casos. Con los

datos se construyeron tablas de frecuencia y se estimaron las proporciones en cada una de las variables incluidas en el estudio.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestra la distribución de contusiones por región anatómica de la canal bovina. Con una recurrencia del 29.4% y de 16.1% de contusiones en la región dorsal y en la cola, respectivamente, se establece como indicador de manejo rudo, es decir, este tipo de manejo también puede hacer que aumenten las contusiones específicamente en estas regiones anatómicas; de este modo, las lesiones en la parte dorsal y posterior de los bovinos, producidas al golpearlos con las puertas de guillotina, mangas y cajón de aturdimiento, son un indicador de maltrato donde se involucra principalmente al personal operativo que trabaja bajo presión (Grandin, 2003) y lleva a cabo prácticas nocivas como la torsión de la cola para provocar dolor de manera intencionada, como una manera de hacer avanzar a los bovinos por la manga de manejo; aunque en el caso de las lesiones en dorso, no se descarta que el origen de estas, pueda ocurrir debido a eventos relacionados con la conducta agonista del ganado bovino en confinamiento (Zazueta et al., 2022). En el presente estudio, se observa que la frecuencia de lesiones es interpretada como recurrencia en la tuberosidad coxal es 18.6 % y en el costillar de 14.5 %; estos resultados indican que la presencia de contusiones en estas regiones anatómicas, se encuentran relacionadas con el diseño de las instalaciones y la interacción negativa durante el arreo a los corrales de espera *ante mortem*. Strappini et al. (2009) refieren que las contusiones observadas y diferenciadas por sitios anatómicos se deben a que las regiones óseas y musculares más sobresalientes están más expuestas a roces o golpes contra la estructura del vehículo, instalaciones y contra otros animales, así como a las diferencias en el peso corporal y a la jerarquía entre grupos.

Cuadro 1. Distribución de contusiones por región anatómica de la canal bovina.

Región anatómica	No.	%
Dorso	385	29.41
Tuberrosidad coxal	244	18.64
Extensión caudal	211	16.12
Costillar	190	14.51
Cuarto Anterior	124	9.47
Abdomen	113	8.63
Tuberrosidad isquiática	27	2.06
Cuarto Posterior	15	1.15

En el cuadro 2 se muestra la distribución de contusiones por tipo de ganado con referencia a la región anatómica de la canal bovina. Se observa que las hembras jóvenes presentaron el mayor número de contusiones en el dorso y en la tuberosidad coxal, misma situación aunque en menor número se observó en las hembras adultas; sin embargo, las contusiones en la cola, muestran una similitud en ambos grupos, quizá debido a la práctica nociva de torsión del apéndice caudal, identificado como una práctica de interacción negativa por parte de los operarios responsables de conducir a los bovinos desde los corrales de espera al cajón de aturdimiento. Se observa también, que el número de lesiones en el costillar se encuentra aumentado en los grupos de hembras indistintamente si son adultas o jóvenes. La localización de lesiones en la tuberosidad coxal se puede atribuir a golpes propinados contra estructuras como esquinas, salientes y otros defectos de las instalaciones en malas condiciones de mantenimiento (Strappini et al., 2009).

Cuadro 2. Distribución de contusiones por tipo de ganado con referencia a la región anatómica de la canal bovina.

Variable	Tipo de ganado		
	Hembras adultas	Hembras jóvenes	Machos jóvenes
n,	254	519	224
Cuarto posterior	6	3	6
Cuarto anterior	54	58	12
Abdomen	60	46	7
Costillar	92	85	13
Dorso	137	204	44
Tuberrosidad coxal	116	108	20
Tuberrosidad isquiática	15	10	2
Cola	81	89	41
Total de contusiones	561	603	145
Índice de contusiones	2.20	1.16	0.65

Conclusiones

Las canales de hembras jóvenes presentaron el mayor número de contusiones; un mayor porcentaje de lesiones por región anatómica se observó en la región dorsal y la extensión caudal, esto como indicadores de manejo rudo, y las contusiones registradas en la tuberosidad coxal y el costillar están relacionadas con el diseño de las instalaciones.

Se concluye que la presencia de contusiones refleja inadecuadas prácticas de manejo de los animales y un pobre bienestar animal en la etapa previa al faenamiento

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a la empresa Agropecuaria JS S.A. de C.V. por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto.

Referencias bibliográficas

1. Gallo C, Tadich N. 2005. Transport of cattle for slaughter: effects on animal welfare and meat quality. Agro-Ciencia. 21:37-49.
2. Grandin T. 2003. Cómo detectar la causa de las contusiones. Colorado State University Department of Animal Sciences Fort Collins, Colorado 80523 USA, pp. 1-2.
3. Miranda-de la Lama GC, Leyva G, Barreras-Serrano A, Pérez-Linares C, Sánchez-López E, María A, Figueroa-Saavedra F. 2012. Assessment of cattle welfare at a commercial slaughter plant in the northwest of Mexico. Trop. Anim. Health Prod. 44:497-504.
4. Strappini AC, Metz JHM, Gallo CB, Kemp B. 2009. Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. Animal. 3:728-736.
5. Zazueta-Gutiérrez AC, Ríos-Rincón FG, Castro-Pérez BI, Estrada-Angulo A, Portillo-Loera JJ. 2022. Environmental effect and pen design on agonist behaviour of beef cattle in feedlot. Trop. and Subtrop. Agro. 25:1-15.

CAMBIOS EN MINERALES DE ESTIÉRCOL APILADO, COMPOSTEADO Y VERMICOMPOSTEADO DE CERDOS ALIMENTADOS CON DIETAS BAJAS EN NUTRIENTES Y ENZIMAS EXÓGENAS.

María de Lourdes Angeles*, Sergio Gómez Rosales, María Alejandra Pérez Alvarado

CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP. Ajuchitlán, Querétaro.

*Autor para correspondencia: angeles.lourdes@inifap.gob.mx

Palabras clave: Estiércol de cerdo, minerales, composta, lombricomposta.

Introducción

A nivel global se va incrementando la preocupación debido al impacto negativo del aumento en la concentración de fósforo (P), cobre (Cu), zinc (Zn) y otros minerales en las excretas de cerdos provocando toxicidad en suelo y cultivos, eutrofificación en cuerpos de agua dulce y en las áreas costeras, originando cada vez más zonas muertas en los océanos, caracterizadas por el deterioro sensible de la calidad del agua y ecosistemas terrestres y acuáticos (Lan et al., 2022; Zhai et al., 2022). Se han evaluado diferentes estrategias para reducir las emisiones de minerales en el estiércol de cerdos, principalmente, reduciendo la adición de P y minerales traza en los alimentos. Hasta ahora, se desconoce el efecto de la reducción de minerales en los alimentos de los animales sobre la composición mineral del estiércol fresco y tratado de diferentes maneras para la producción de abonos orgánicos. Esta información es necesaria para hacer recomendaciones de fertilización en suelos agrícolas y proponer un sistema integral de reciclaje de minerales (Wu et al., 2023). Se ha demostrado que es posible bajar la adición de P a los alimentos con el uso de la enzima exógena fitasa, lo que reduce las emisiones de P y algunos microminerales en el estiércol (She et al., 2017; Zhai et al., 2022). Sin embargo, no se ha estudiado el efecto de la adición de varias enzimas en los alimentos, lo que es una práctica común en México, sobre las emisiones de minerales en el estiércol.

Objetivo

Evaluar los cambios en la concentración de macro y microminerales del estiércol apilado o sometido a compostaje y lombricompostaje proveniente de cerdos en engorda alimentados con dietas reducidas en energía metabolizable (EM), Ca, P y microelementos y con las enzimas exógenas fitasa, glucanasa y pectinasa.

Materiales y métodos

El estiércol usado se derivó de cerdos de engorda en etapa de finalización de una granja de ciclo completo localizada en el CENID FyMA. El peso inicial y final de los cerdos fue de 57.40 y 111.71, respectivamente, y se distribuyeron en 3 tratamientos: 1) Una dieta de sorgo/harina de soja formulada para cubrir todos los requerimientos de nutrientes, con una premezcla mineral a base de sulfatos; 2) Igual que 1) pero reducido en ME, Ca y P, y con reducción del 33.3% de la premezcla mineral, adicionado con fitasa, glucanasa y pectinasa; 3) Igual que 2), pero con reducción del 66.6% de la premezcla mineral. El estiércol se recogió diariamente con pala de los corrales y se llevó a un invernadero con ventilación natural. Una parte del estiércol se apiló en lechos de 2x2m, simulando un estercolero tradicional, y la otra parte se sometió a precompostaje durante 28 días, también en lechos de 2x2m. Posteriormente, el estiércol precompostado se dividió en dos; una parte se dejó en el mismo lecho y la segunda se separó e inoculó con lombriz roja californiana. El estiércol composteado y lombricomposteado se sometió a un proceso de humificación durante 90 días. Al inicio (estiércol fresco y precomposteado) y al final (estiércol apilado, composteado y lombricomposteado) del estudio, se tomaron muestras para análisis de composición química. Se determinó la materia seca, cenizas, nitrógeno total, calcio (Ca), P, potasio (K), sodio (Na), magnesio (Mg), hierro (Fe), Zn, manganeso (Mn) y Cu. Los resultados se expresan en base seca. Se realizaron tres réplicas de apilado de estiércol, composta y lombricomposta por tratamiento. Los datos se analizaron para un diseño de bloques completos al azar utilizando los procedimientos GLM de SAS.

Resultados y discusión

En el estiércol fresco se encontró menor contenido de Zn (1= 334, 2= 342 y 3= 250 mg; EEM= 23.356, P<0.046) y Mn (1= 138, 2= 135 y 3= 119 mg; EEM= 5.025, P<0.050) en el estiércol procedente de cerdos alimentados con la dieta 3 con reducción del 66.6% de la premezcla mineral. La menor concentración de

Zn y Mn en el estiércol se esperaba debido a la reducción en la inclusión de la premezcla; sin embargo, no se explica la falta de efecto de la reducción de la premezcla sobre el contenido de otros microminerales en el estiércol. Tampoco se observó reducción de Ca y P en el estiércol, a pesar de que se redujo su adición en las dietas 2 y 3 y se adicionó la fitasa, como se ha reportado previamente ((She et al., 2017; Zhai et al., 2022). Al final del estudio, se encontró reducción de P (1= 1.21, 2= 1.07 y 3= 1.08%; EEM= 0.023, P<0.012), Zn (1= 1103, 2= 997 y 3= 865 mg; EEM= 44.345, P<0.047), Mn (1= 193, 2= 167 y 3= 146 mg; EEM= 3.535, P<0.019) y Cu (1= 71, 2= 53 y 3= 45 mg; EEM= 1.318, P<0.003) en el estiércol apilado proveniente de cerdos alimentados con la dieta 3. También se observó reducción de P (1= 1.13, 2= 1.07 y 3= 0.95%; EEM= 0.024; P<0.014), Mn (1= 235, 2= 201 y 3= 196 mg; EEM= 5.864, P<0.017) y Cu (1= 47, 2= 40 y 3= 35 mg; EEM= 1.227, P<0.006) en las compostas y reducción de Zn (1= 544.1, 2= 505.2 y 3= 482.3 mg; EEM= 10.409, P < 0.033) y Mn (1= 251, 236 y 237 mg; EEM= 3.113, P < 0.50) en las lombricompostas preparadas con el estiércol de los cerdos alimentados con la dieta 3. Como se suponía, se observó menor concentración de P y algunos microminerales en el estiércol apilado y composteado del tratamiento 3. En las lombricompostas preparadas con el estiércol de las dietas 2 y 3 el contenido de Zn se redujo aproximadamente 50% respecto a su concentración en el estiércol fresco, lo cual es benéfico cuando se busca reducir la acumulación de este mineral en suelos (Lan et al., 2022). Respecto al Mn en las lombricompostas, aunque se redujo su contenido en los tratamientos 2 y 3, su concentración fue ligeramente mayor al observado en el estiércol fresco, apilado y composteado. Se desconoce, la razón de las diferencias en el contenido de P y microminerales encontradas en el estiércol fresco, apilado, composteado y lombricomposteado. En apariencia, la adición de las enzimas fitasa, glucanasa y pectinasa combinadas no redujo de manera significativa la concentración de macro y microelementos en el estiércol fresco y sometido a diferentes tratamientos. Sin embargo, las diferencias encontradas indican que es importante conocer el contenido de minerales del estiércol de cerdos previo a su uso en suelos agrícolas para incorporarlos de manera racional, evitando mayor acumulación en suelos con excesos de microminerales o, por el contrario, adicionándolas de manera estratégica en suelos deficientes en estos oligoelementos (Lan et al., 2022; Zhai et al., 2022).

Conclusiones

En el estiércol proveniente de cerdos alimentados con la dieta 3, con reducción de ME, Ca, P y 66.6% de la premezcla mineral, se encontró reducción del contenido de Zn y Mn en el estiércol fresco, menor contenido de P, Zn, Mn y Cu en el estiércol apilado, menor contenido de P, Mn y Cu en las compostas y menor contenido de Zn y Mn en las lombricompostas. La composición mineral de la dieta del cerdo afecta el contenido mineral del estiércol fresco y sometido a diferentes tratamientos, lo que reduce las emisiones de microminerales al ambiente.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada con fondos fiscales del INIFAP a través del financiamiento del proyecto: Contribuciones tecnológicas para incrementar la eficiencia de reciclaje de minerales "de la granja a la tierra" usando opciones nutricionales y de manejo de estiércol en porcicultura, No. de proyecto SIGI: 14255136374.

Referencias bibliográficas

1. Lan W, Yao C, Luo F, Jin Z, Lu S, Li J, Wang X, Hu X. (2022) Effects of Application of Pig Manure on the Accumulation of Heavy Metals in Rice. Plants 2022, 11;207 <https://doi.org/10.3390/plants11020207>
2. She Y, Li D, Zhang S. (2017) Methodological aspects of determining phosphorus digestibility in swine: A review. Animal Nutrition 3(2):97-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2017.02.003>
3. Wan Y, Huang Q, Wang Q, Ma Y, Su D, Qiao Y, Jiang R, Li H. (2020) Ecological risk of copper and zinc and their different bioavailability change in soil-rice system as affected by biowaste application. Ecotoxicology and Environmental Safety 4;192:110301.
4. Wu P, Guo Z, Hua K, Wang D. (2023) Long-term application of organic amendments changes heavy metals accumulation in wheat grains by affecting soil chemical properties and wheat yields. Journal of Soils and Sediments 23;2136–2147 <https://doi.org/10.1007/s11368-023-03473-3>
5. Zhai H, Adeola O, Liu J. (2022). Phosphorus nutrition of growing pigs. Animal Nutrition, 9; 127-137. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.01.010>

A large photograph of a brown and white cow standing in a green field, facing left. A smaller, brown and white calf is standing next to her, also facing left. They are both looking towards the camera. In the background, there is a line of trees and a clear sky.

6

Mejoramiento y recursos genéticos

“NACER Y CRECER” / Karina Mora Ramírez



LIX REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA.

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN CORPORAL DE CABRAS MESTIZAS Y BOER DEL ESTADO DE COLIMA.

Horacio González-Salas¹, Rafael Julio Macedo-Barragán^{2*}, Victalina Arredondo-Ruiz², Flor Esthela Neri-Ceja², Jorge Luis García-Valle³, José Luis Zepeda-Batista²

¹FCBA – U. de Colima, ²FMVZ – U. de Colima, ³INIFAP – Campo Experimental Tecomán

*Autor para correspondencia: macedo@ucol.mx

Palabras clave: Zoometría, longitud corporal, perímetro torácico.

Introducción

La zoometría estudia las formas de los animales por medio de mediciones corporales concretas que permiten cuantificar la conformación corporal y constituye una herramienta básica en la descripción de las razas animales. Se considera un elemento de trabajo indispensable para describir una población, marcar tendencias o aptitudes productivas y deficiencias zootécnicas (Parés, 2009).

La descripción morfológica de un animal se basa tradicionalmente, en el estudio de medidas corporales lineales de una sola dimensión como son las alzadas, longitudes, anchuras y perímetros. Recientemente, diversos autores han utilizado una nueva medida corporal de tres dimensiones denominada volumen corporal integrando la longitud corporal y el perímetro torácico en la fórmula usada para calcular el volumen de un cilindro (Paputungan *et al.* 2018; Salazar-Cuytun *et al.* 2022). En todos los casos esta medida ha sido usada para estimar a partir de ella el peso corporal de los animales y, no obstante, se ha comprobado que su uso mejora la precisión de las ecuaciones de predicción de peso vivo (Paputungan *et al.* 2018) su uso es aún poco generalizado y en el caso de las cabras, aún no se cuenta con valores de referencia para esta medida en la literatura especializada internacional.

Por otra parte, debido a su rusticidad y adaptación a condiciones desfavorables, las cabras mestizas o criollas constituyen la base de productiva de la caprinocultura en el estado de Colima mientras que, la raza Boer ha sido seleccionada por los productores del estado para incrementar la productividad y la viabilidad económica de sus hatos (Macedo-Barragán *et al.* 2019).

Objetivo

Determinar el volumen corporal de cabras mestizas y Boer criadas en hatos del estado de Colima.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en 20 unidades de producción caprinas ubicados en cinco municipios del estado de Colima. Los ranchos productores de cabras mestizas se ubicaron en los municipios de Colima, Comala, Cuauhémoc y Villa de Álvarez mientras que, los ranchos productores de cabras Boer se localizaron en los municipios de Colima, Manzanillo y Villa de Álvarez.

A 371 cabras mestizas mayores de dos años y a 67 cabras Boer con registro de pureza y mayores de un año se les midió, de acuerdo con la metodología de Parés (2009) el perímetro torácico y la longitud corporal. Posteriormente, a partir de estas medidas se les determinó el volumen corporal utilizando para ello, la fórmula para calcular el volumen de un cilindro cuya base estuvo representada por el perímetro torácico y la altura por la longitud corporal como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} r &= PT / 2\pi \\ VC &= (\pi \times r^2 \times LC) / 1000 \end{aligned}$$

donde:

r es el radio (cm),

PT es el perímetro torácico (cm),

π es igual a 3.1416,

VC es el volumen corporal (dm^3),

LC es la longitud corporal (cm).

Para comparar el volumen corporal de ambos genotipos se realizó una prueba de T de Student para muestras independientes mientras que, para comparar el volumen corporal entre los municipios en el cual se ubicaban los hatos de cada genotipo se realizó un análisis de varianza seguido de una prueba de

comparación de medias de Tukey. En ambas pruebas se declaró diferencia estadística si $P<0.05$. Los análisis se realizaron con el software Statistix 9.0.

Resultados y discusión

De acuerdo con la prueba de T el volumen corporal de las cabras Boer fue significativamente mayor que el de las cabras mestizas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del genotipo sobre el volumen corporal (dm^3) de cabras mestizas y Boer.

Genotipo	n	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV
Mestiza	371	34.68 ^b	7.71	18.63	58.00	22.24
Boer	67	53.87 ^a	11.59	27.89	83.54	21.51

^{a,b} Medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

Las cabras mestizas criadas en el municipio de Comala mostraron un mayor volumen corporal que las criadas en los municipios de Cuauhémoc y Colima mientras que las criadas en Villa de Álvarez mostraron valores intermedios. No se observó diferencia en el volumen corporal de las cabras Boer criadas en los tres municipios evaluados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto del municipio sobre el volumen corporal de cabras mestizas y Boer.

Municipio	n	Volumen corporal (dm^3)
Cabras mestizas		
Comala	183	37.52 ± 7.89 ^a
Villa de Álvarez	78	35.36 ± 5.35 ^{ab}
Cuauhémoc	57	33.60 ± 8.76 ^b
Colima	53	33.60 ± 7.60 ^b
Cabras Boer		
Colima	37	54.20 ± 13.15 ^a
Manzanillo	7	58.50 ± 8.14 ^a
Villa de Álvarez	23	51.93 ± 9.52 ^a

^{a,b} Medias \pm desviación estándar con letras diferentes para cada genotipo son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

Tras una búsqueda amplia de literatura científica especializada se encontró que el volumen corporal no ha sido aún determinado en ninguna raza de cabras utilizando la fórmula para calcular el volumen del cilindro. En Brasil, Dos Santos *et al.* (2021), calcularon el volumen corporal de cabras machos de las razas Saanen y Boer con una edad promedio de 7.2 meses como el producto del perímetro torácico y la longitud corporal. Los resultados mostraron valores de 3 953 y 4 091 cm^2 para los animales de la raza Saanen y Boer respectivamente, sin embargo, estos resultados conllevan un error metodológico importante ya que expresa el volumen corporal en una medida de dos dimensiones (cm^2) que no corresponde a una unidad de volumen, la cual de acuerdo con Sistema Internacional de Unidades se debe expresar en metros cúbicos o en sus equivalencias en litros, decímetros o centímetros cúbicos.

Como era de esperarse, esta medida fue significativamente mayor en las cabras Boer, raza especializada en la producción de carne que en las cabras mestizas. Las razas productoras de carne tienen un cuerpo de forma rectangular (predominio de la longitud corporal sobre a alzada) y una región pectoral de mayor anchura y profundidad lo que en este caso redundó en un mayor perímetro torácico y en consecuencia en un mayor volumen corporal. Por su parte, en los animales con orientación lechera, se observa una forma corporal cuadrada (equilibrio o ligero dominio de la alzada sobre la longitud corporal) y presentan patas con mayor longitud, pecho con menor profundidad y en consecuencia menor perímetro torácico lo que explica el menor volumen corporal aquí observado.

La homogeneidad observada entre las cabras de la raza Boer de los distintos municipios del estado de Colima fue también un resultado esperado, toda vez que estas contaban con registro de pureza y para obtenerlo, deben cumplir con estándares fenotípicos y productivos entre los que se encuentran los pesos al nacimiento y a los 30, 90 y 180 días.

La variación observada entre las cabras mestizas de los cuatro municipios considerados en este estudio, es consecuencia de las distintas razas que han participado en su proceso de mestizaje observándose que las cabras de los municipios de Comala y Villa de Álvarez muestran un mayor grado de encaste con la raza

Boer mientras que, las cabras de los municipios de Colima y Cuauhtémoc muestran un mayor grado de encaste con razas de fenotipo doble propósito y lechero como la Nubia, la Saanen y la Alpino Francesa.

Conclusiones

Las cabras Boer mostraron un mayor volumen corporal que las cabras mestizas. Los valores de volumen corporal determinados en este estudio podrán servir de referencia para futuros estudios en este campo.

Referencias bibliográficas

1. Dos Santos F.J, De Araújo PJLL, Sardinha M.L, Cavati SL, Labre ST, Moreira F.C.E, Vasconcelos OR. 2021. Correlations between body measures with live weight in young male goats. *Acta Scientiarum*, 43: e52881.
2. Macedo-Barragán RJ, Abarca-Vargas D, Arredondo-Ruiz V, Hernández-Rivera JA. 2019. Caracterización de la cabra criolla en la sub-provincia Volcanes de Colima y su sistema de producción. *Archivos de Zootecnia* 68: 332-341.
3. Paputungan U, Hendrik MJ, Utiah W. 2018. Predicting live weight of Indonesian Local-Bali cattle using body volume formula. *Livestock Research for Rural Development* 30, #144.
4. Parés CP. 2009. Zoometría. En: Sañudo AC, editor. *Valoración Morfológica de los Animales Domésticos*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. pp. 171-196.
5. Salazar-Cuytun R, Portillo-Salgado R, García-Herrera RA, Camacho-Pérez E, Zaragoza-Vera CV, Gurgel ALC, Muñoz-Osorio GA, Chay-Canul AJ. 2022. Prediction of live weight in growing hair sheep using the body volume formula. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 74: 483-489.

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS Y TENDENCIAS GENÉTICAS PARA PERSISTENCIA DE LA LACTACIÓN EN GANADO HOLSTEIN.

Luis Enrique Trejo-Díaz¹, Adriana García-Ruiz², Hugo Osvaldo Toledo-Alvarado¹ Marina Durán-Aguilar^{3,,}
Felipe de Jesús Ruiz-López²

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP, ³Facultad de Ciencias Naturales, UAQ.

*Autor para correspondencia: luisendi_green@hotmail.com

Palabras clave: Persistencia, leche, bovinos.

Introducción

La persistencia de la lactación se puede definir como la habilidad de una vaca de mantener la producción de leche después del pico de producción. Existen diferentes métodos para su medición y puede ser expresada como proporción de los rendimientos, como medidas derivadas de la variación de los rendimientos en el día del pesaje, o bien como medidas basadas en parámetros estimados de modelos matemáticos de curvas de lactación (Cole & VanRaden, 2006; González et al., 2011).

La producción de leche, grasa y proteína por lactación y su persistencia, deben calcularse tomando en cuenta los cambios en la producción durante el ciclo, mismos que se ven reflejados gráficamente en la curva de lactación. Para ello, se realizan registros periódicos de producción a lo largo de toda la lactación, lo que resulta en una observación separada y particular de cada animal (Boujenane & Hilal, 2012).

Existen pocos estudios sobre la evaluación genética de la persistencia de la lactación a pesar de que la mejora de esta característica puede favorecer la rentabilidad en los hatos lecheros. Se han observado correlaciones negativas entre el coeficiente de persistencia y el pico de producción, es decir, vacas de producción máxima elevada desciende más rápidamente el rendimiento diario, obteniendo una producción total menor (Cole & VanRaden, 2006).

Tener una mejor persistencia en el ganado lechero puede contribuir a disminuir costos en los sistemas de producción ya que se ha observado que una mayor persistencia está asociada a menores costos de alimentación y salud, un mejor comportamiento reproductivo, y menor incidencia de enfermedades en comparación con un ciclo de 305 días, esto es debido a que una mayor persistencia causa un menor desbalance energético y consecuentemente las vacas movilizan menos reservas corporales para cubrir el incremento en la demanda de nutrientes derivado de dicha producción. En consecuencia, el estrés metabólico se reduce, y por ello las vacas con mayor persistencia pueden tener menos problemas reproductivos y de salud que vacas con el mismo nivel de producción, pero menor persistencia (Cole & VanRaden, 2006; González et al., 2011).

Existen metodologías para la evaluación genética que toman en cuenta que cada vaca puede estar sometida a un ambiente distinto (alimentación clima, manejo, etc.), y el cual cambia a lo largo de la lactación, y que asumen que sus contemporáneas no necesariamente presentan el mismo comportamiento a través del ciclo productivo. Ejemplo de estos modelos es el de día de prueba, donde se puede aumentar la exactitud con la que se predicen los valores genéticos de los animales.

Objetivos

Estimar los parámetros y valores genéticos de persistencia de la lactación para producción de leche, grasa y proteína en ganado Holstein, empleando el modelo de día de prueba.

Materiales y métodos

Se contó con información de animales nacidos del año 2000 al 2020, cada lactación consta de 4 a 12 pesajes. Para producción de leche se contó con datos de 112,584 lactaciones (34,648 primer parto, 37,347 de segundo parto, 23,043 tercer parto y 17,546 de 4 o más partos) correspondiente a 84,037 animales. En los análisis de componentes de la leche se contó con información 49,994 animales correspondientes a 67,371 lactaciones (22,760 de primer parto, 22,914 de segundo, 162 14,200 de tercero y 7,497 de cuatro o más partos).

El cálculo de la persistencia se obtuvo como diferencia en kilogramos entre cada uno de los registros de la fase de descenso en la curva de lactación.

Para la estimación de los parámetros y valores genéticos se utilizó la metodología de BLUP bajo un modelo de día de prueba, $y_{ijklmn} = hae_i + lac_j + t_k + \beta_1 x_{1l} + \beta_2 x_{2l} + a_m + \gamma_{1m}x_{1l} + \gamma_{2m}x_{2l} + e_{ijklmn}$ donde: y_{ijklmn} =persistencia en kg de leche, grasa o proteína; hae_i = efecto fijo hato-año-estación; lac_j =número de lactación; t_k =efecto día de prueba; x_{1l} = días en leche; x_{2l} = log días en leche; β_1 y β_2 = coeficientes de regresión de efectos fijos asociados a días en leche y logaritmo de días en leche, respectivamente;; a_m = efecto animal; γ_{1m} y γ_{2m} = coeficientes de regresión aleatoria por cada animal asociados a días en leche y logaritmo de días en leche, respectivamente; e_{ijklmn} =efecto residual.

Para estimar los parámetros genéticos se usó la paquetería AIREML y para los valores genéticos BLUPF90+.

Resultados

En el cuadro 1 se muestran los parámetros genéticos estimados para cada una de las características evaluadas (leche en kg, y su contenido de grasa y proteína). En la figura 1 se muestran los promedios de persistencia para la producción de leche, grasa y proteína con el cálculo de día de prueba, donde se observa una mejor persistencia al pasar de los años.

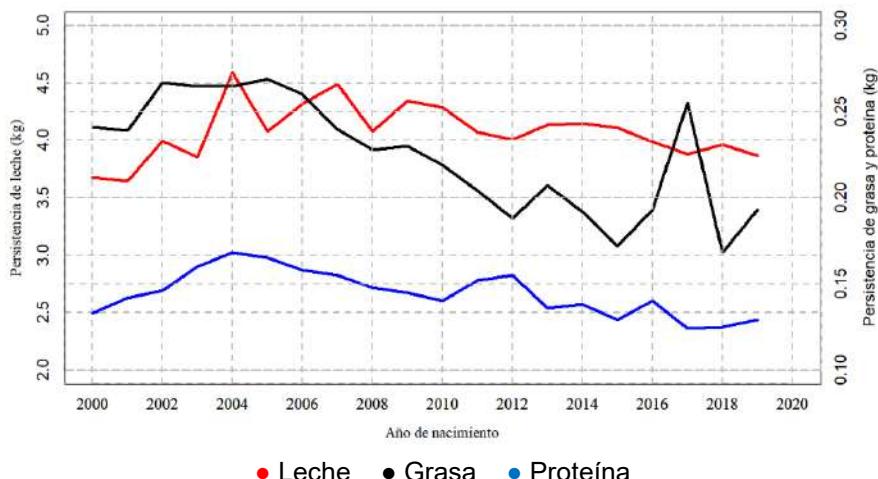
Cuadro 1. Parámetros genéticos de persistencia de la lactación de leche, grasa y proteína empleando el modelo de día de prueba.

Persistencia	σ_a^2	σ_e^2	σ_f^2	h^2 (ee)
Leche	0.021	0.176	0.197	0.106 (0.009)
Grasa	0.0015	0.130	0.131	0.011 (0.003)
Proteína	0.0038	0.089	0.092	0.044 (0.002)

σ_a^2 : varianza genética aditiva, σ_e^2 : varianza residual, σ_f^2 : varianza fenotípica, h^2 : heredabilidad, ee: error estándar.

Los resultados obtenidos muestran una heredabilidad para persistencia de la producción de leche y proteína de 0.1 y 0.04, respectivamente, mientras que la heredabilidad para la persistencia de grasa fue cercana a 0 (0.01).

Figura 1. Tendencia de persistencia de la lactación por año de nacimiento de los animales, 240 usando el modelo de día de prueba.



Discusión

La heredabilidad calculada para la población Holstein en México fue similar (0.10 ± 0.009) a lo reportado en un estudio en ganado Holstein en Brasil (Biassus *et al.*, 2010), donde obtuvieron un valor de 0.12, incluyendo la edad al parto como efecto fijo, on la diferencia de que en este último estudio se limitaron las mediciones para el cálculo de persistencia entre los días 60 y 280 de la producción, y las lactaciones debían

contar con al menos 6 registros, por lo que la variación en los días en los que se tomaron las mediciones podría ser otro factor importante que explique las diferencias, pues la tasa de disminución después de la producción máxima no es uniforme a través del tiempo.

Por lo que respecta a la persistencia de porcentaje de grasa y de proteína no existen estudios previos sobre valores genéticos. En este trabajo la heredabilidad para proteína si bien es baja, muestra variabilidad genética en la población. En cambio, la heredabilidad para grasa es casi nula, indicando una participación escasa de la genética en esta característica.

Los promedios de los valores genéticos en la población muestran una tendencia negativa para leche y proteína, observándose un cambio en la dirección del 2007 al 2020.

Conclusiones

El resultado de heredabilidad obtenido en este estudio confirma que es posible mejorar genéticamente la persistencia de la producción de leche y proteína, aunque el componente genético es bajo, especialmente para ésta última. Sin embargo, debido a la alta importancia económica de la característica, se considera un área de oportunidad para incluirlo en los esquemas de mejora genética en el país, para lo cual es necesario realizar estudios económicos para evaluar la viabilidad de inclusión en los programas de mejoramiento genético.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Asociación Holstein de México por la información proporcionada, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este proyecto fue financiado por el proyecto INIFAPSIGI 15352034772

Referencias bibliográficas

1. Biassus IO, Cobuci JA, Costa JA, Rorato PN, Neto JB, Cardoso LL. Persistence in milk, fat and protein production of primiparous Holstein cows by random regression models. Revista Brasil de Zootecnia 2010; 39 (12): 2617-2624.
2. Cole, J. B. & VanRaden P. M. (2006). Genetic evaluation and best prediction of lactation persistency. American Dairy Science Association. 89. 2722-2728.
3. Gonzalez, P.D., Espinoza, V. J., Palacios, E. A., Guerra, I. A., ... & Guillen, T. A. (2011). Parámetros genéticos para la persistencia de la lactación en vacas Siboney usando modelos de regresión aleatoria. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 2 (2). 151-160.
4. Grossman, M., Hartz, S. M. & Koops, W. J. 1(999). Persistency of lactation yield: A Novel Approach. J. Dairy Sci. 82 (1), 2192-2197.
5. Misztal I. BLUPF90 family of programs. University of Georgia. 2007. <http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/> Consultado 28 de agosto del 394 2023

IDENTIFICACIÓN DE QTN Y SU ASOCIACIÓN CON CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN GANADO BOVINO HOLSTEIN.

José Guadalupe Cortes-Hernández^{1*}, Adriana García-Ruiz², Felipe de Jesús Ruiz-López², Francisco Peñagaricano³, Hugo Horacio Montaldo⁴.

¹Programa de Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 04510.

²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENIDFyMA), 76280.

³Department of Animal Sciences, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706.

⁴Departamento de Genética y Bioestadística, (FMVZ-UNAM), 04510.

*Autor para correspondencia: igch1992@hotmail.com

Palabras clave: QTN, leche y componentes, haplotipos.

Introducción

La magnitud del efecto de los SNP (Polimorfismo de un solo nucleótido) sobre los rasgos productivos puede ser calculada por medio de estudios de asociación del genoma completo (GWAS) o mapeo de loci de rasgos cuantitativos (mapeo QTL). Cuando estos SNP o QTL están asociados estadísticamente a un fenotipo, explican al menos el 1% de la varianza genética de la característica y está determinado por una variante genética causal bialélica única en la región QTL se denominan QTN (nucleótidos de rasgo cuantitativo, Weller & Ron, 2011). Los QTN pueden ser utilizados en la investigación genética porque son polimorfismos que brindan información útil sobre la función genética y la arquitectura de un QTL. Debido a la naturaleza de los QTN, los métodos estadísticos utilizados en la evaluación genética (EG) juegan un papel importante, pues algunos tienen la cualidad de ponderar los efectos de los SNP dando mayor peso a aquellos con efectos mayores sobre la característica evaluada (Wang et al., 2012). El uso de SNP también permite inferir la estructura de los haplotipos (HAP) que influyen los procesos de selección, permitiendo entender el flujo de genes y la estructura genética de la población. Los HAP son un conjunto de alelos observados en una región contigua del genoma dentro de una ventana predefinida de una longitud arbitraria y también hacen referencia a un conjunto de SNP contiguos que se heredan juntos debido a un Desequilibrio de Ligamiento (Teissier et al. 2020). La utilización de QTN y Haplotipos en las evaluaciones genéticas de ganado lechero ha permitido detectar 3 QTN que tienen influencia en la variación genética de las características de producción de leche y sus componentes; el DGAT1 (Diacilglicerol transferasa) localizado en el cromosoma 14, el GHR (Receptor de la hormona del crecimiento) situado en el cromosoma 20 y el ABCG2 localizado en el cromosoma 6. Se ha reportado en otras poblaciones de ganado bovino que estos QTN tienen influencia en los efectos de los SNP vecinos, generando la presencia de haplotipos en regiones contiguas a los QTN, por lo que es importante conocer su presencia en la población Holstein de México para evaluar sus efectos sobre las características productivas y posteriormente evaluar si su uso puede aumentar la precisión de la predicción de los valores genéticos (VGP) de un animal, aumentando la tasa de ganancia genética en la selección.

Objetivo

Identificar QTN en ganado bovino Holstein de México, los haplotipos relacionados, su frecuencia en la población y su asociación con la producción de leche (PL), grasa y proteína en kilogramos (GK y PK), así como el porcentaje de grasa (GP) y proteína (PP).

Materiales y métodos

Para la detección de HAP se incluyeron un total de 11,562 genotipos de animales, con información de ~116 K marcadores tipo SNP previamente imputados con FindHap V2 (VanRaden, et al., 2011). Esta base de datos de genotipos se recodificó a formato BED binario con el software PLINK 1.09 (Purcell et al., 2007) utilizando la función para su utilización en los procesos posteriores de construcción de HAP, que se realizó también con el software PLINK 1.07, por medio de la función --blocks, en la que se determinó la inclusión de al menos 2 SNP por HAP y una r^2 de DL entre SNP ≥ 0.80 y los parámetros --maf 0.01 --mind 0.05 --geno 0.02 --allow-no-sex para el control de calidad genómico en este proceso.

Para determinar las asociaciones de los Haplótipos relacionados con los tres QTN y las características fenotípicas, los HAP se recodificaron como pseudo-SNP en 2, 1 y 0 correspondientes a la presencia de dos copias, una copia o la ausencia de alelos paternos y maternos respectivamente para cada haplotipo, permitiendo sólo los HAP presentes en más del 1% de la población (Teissier et al. 2020), este último paso también realizado con PLINK 1.07, obteniendo un total 9,095 genotipos con 43,026 pseudo-SNP. A esta base de datos obtenida se aplicó el control de calidad genómico que consistió en eliminar los animales con tasa de llamada < 0.95, o con un conflicto de parentesco, pseudo-SNP con frecuencia del alelo menor (MAF) < 0.05, o con una tasa de llamada < 0.95, o un valor de P para la prueba de equilibrio de Hardy Weinberg < 0.15 quedando un total de 8,331 genotipos y 35,552 pseudo-SNP que fueron tomados como HAP. Este control de calidad de realizó con el programa Pregsf90 (Aguilar et al., 2014). La información fenotípica consistió en 640,746 registros productivos, previamente ajustados a 305 días y equivalente de madurez, pertenecientes a 358,857 vacas de la raza Holstein, que contaban con información de PL, GK, GP, PK y PP para 1-3 lactaciones. Los animales estuvieron distribuidos en 353 hatos en 18 estados de la república mexicana. La información genotípica fue proporcionada por el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENIDFyMA-INIFAP) y la información fenotípica fu proporcionada por la Asociación Holstein de México.

Los GWAS se realizaron con la metodología de ssGWAS y ssGBLUP de la paquetería de BLUPF90 y postGSf90 (Misztal et al., 2014), que se basa en la predicción de los VGP para la obtención de los efectos de los marcadores (HAP) y su posterior asociación con las características evaluadas.

El modelo utilizado para obtener los VGP, fue el siguiente;

$$y_{ijklmn} = \mu + HAE_i + EDAD_j + PE_k + SH_l + ANIMAL_m + e_{ijklmn}$$

Dónde y_{ijklmn} son cada una de las 6 características definidas previamente PL, GK, GP, PK y PP. Los efectos fijos del modelo son; μ la media general para cada una de las 5 características, HAE_i el i-ésimo nivel de hato año estación, $EDAD_j$ el j-ésimo nivel de edad al parto en meses. Los efectos aleatorios incluidos son: PE_k que es el k-ésimo nivel del ambiente permanente, SH_l es el l-ésimo nivel de la combinación semental-hato, $ANIMAL_m$ es el efecto del animal y e_{ijklmn} el efecto residual. La identificación de los haplotipos relacionados a los tres QTN, se realizó con la localización de los SNP que se han reportado con asociación a las características en trabajos previamente publicados; BovineHD0600010605 para ABCG2, ARS-BFGL-NGS-4939 para DGAT1 y ARS-BFGL-NGS-118998 y BovineHD2000009226 para GHR (Weller & Ron, 2011).

Resultados y discusión

Se encontraron un total de 11,788 HAP con un promedio de 3.48 ± 2.44 SNP, con un mínimo de 2 y un máximo de 59 SNP. La longitud promedio fue de 41.06 Kb con una mínima de 0.003 y una máxima de 199 Kb. Los BTA largos (1, 2, 3, 4 y 5) mostraron mayor número de HAP en comparación con los BTA cortos (26, 27, 28 y 29) y la mayor cantidad de HAP se encontró en el BTA 1, 2 y 6, destacando también el BTA 14, 20 y 24 en comparación a los BTA vecinos. De acuerdo con los haplotipos relacionados con los 3 QNT, se encontraron 3 relacionados con GHR integrados por 9 SNP de los cuales sólo uno estuvo asociado al PP (H111111121) con una presencia en la población del 27%, destacando que tuvo menor frecuencia en la población en comparación del HAP H222222222 con una frecuencia del 61% y sin asociación significativa con alguna característica, por lo que la selección de los animales con el HAP de baja frecuencia pudiera ser viable para aumentar su presencia en la población. En la región del DGAT1 se encontraron 4 HAP, tres de ellos con asociación significativa y uno de ellos (H11112) asociado a las 5 características evaluadas. En la región del ABCG2 se encontraron 3 HAP de los cuales dos estuvieron asociados al PP (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Haplótipos relacionados con los 3 QTN, asociación identificada y frecuencia en la población.

CRO QTN	POS Mb	SNP	HAPLOTIPO DETECTADO (COMBINACIÓN ALÉLICA)	CA-ASOC -Log10pval	FREC POBL %
ABCG2	38.28-38.29	*BovineHD0600010605	H111	PP (9.03)	27
		BovineHD0600010606	H222	PP (7.55)	55
		Hapmap29922-BTC-033565	H211		17

			GK (9.37), GP (58.77), PP (12.73)	48
14	1.80-1.92	*ARS-BFGL-NGS-4939 BovineHD1400000243 BovineHD1400000246 BovineHD1400000249 Hapmap52798-ss46526455	H22221 H11112 H21112 H22222	PL (17.60), GK (32.87), GP (26.79), PK (12.51), PP (49.16) GK (7.83), GP (31.71), PP (7.72)
DGAT1				25 24 3
20	31.91-32.10	BovineHD2000009188 UA-IFASA-7069 BovineHD2000009204 BovineHD2000009215 *ARS-BFGL-NGS-118998 *BovineHD2000009226 BovineHD2000009234 ARS-BFGL-NGS-97963 BovineHD2000009251	H111111121 H121122212 H222222222	PP (11.56) 11 61
GHR				

* SNP reportado en asociación al QTN, CRO: Cromosoma, QTN: Nucleótido de rasgo cuantitativo, SNP: Polimorfismo de un solo nucleótido, POS Mb: Posición en Mb, CA-ASOC: Característica con asociación, FREC POBL %: Frecuencia en porcentaje en la población, ABCG2: Miembro 2 de la subfamilia G del casete de unión de ATP, DGAT1: Diacilglicerol O-aciltransferasa 1, GHR: Receptor de la hormona del crecimiento. Límite de asociación: -log10(0.01/35552) =6.55.

Conclusiones

Los QTN identificados mostraron diferentes HAP con asociaciones significativas a las características productivas evaluadas, además de una frecuencia de baja a media en la población. Esta información pudiera ser utilizada en trabajos enfocados en mejorar la precisión y ganancia genética de las EG.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecimiento al CONACHYT, UNAM, AHM y al CENIDFyMA.

Referencias bibliográficas

1. Aguilar, I., Misztal, I., Tsuruta, S., Legarra, A., & Huiyu Wang. (2014). PREGSF90 – POSTGSF90: Computational Tools for the Implementation of Single-step Genomic Selection and Genome-wide Association with Ungenotyped Individuals in BLUPF90 Programs. <https://doi.org/10.13140/2.1.4801.5045>.
2. Purcell, S., Neale, B., Thomas, L., Ferreira, M. A. R., Bender, D., Maller, J., Sklar, P., De Bakker, P. I. W., Daly, M. J., & Sham, P. C. (2007). PLINK: A toolset for whole-genome association and population-based linkage analysis (1.07) [C/C++; Windows 11]. <http://pngu.mgh.harvard.edu/purcell/plink/>.
3. Teissier, M., Larroque, H., Brito, L. F., Rupp, R., Schenkel, F. S., & Robert-Granié, C. (2020). Genomic predictions based on haplotypes fitted as pseudo-SNP for milk production and udder type traits and SCS in French dairy goats. Journal of Dairy Science, 103(12), 11559–11573. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18662>
4. Wang, H., Misztal, I., Aguilar, I., Legarra, A., & Muir, W. M. (2012). Genome-wide association mapping including phenotypes from relatives without genotypes. Genetics Research, 94(2), 73–83. <https://doi.org/10.1017/S0016672312000274>.
5. Weller, J. I., & Ron, M. (2011). Invited review: Quantitative trait nucleotide determination in the era of genomic selection. Journal of Dairy Science, 94(3), 1082–1090. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3793>.

ESTIMACIÓN DEL COMPONENTE GENÉTICO DEL TIEMPO DE RUMIA Y SU ASOCIACIÓN CON PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN UTILIZANDO UN MODELO DE REGRESIÓN ALEATORIA.

Areli Daniela González-Sandoval ^{a*}, Adriana García-Ruiz ^b, Felipe de Jesús Ruiz-López ^b, José Luis Romano-Muñoz ^b

^{a*} Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 04510

^b Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENID-FyMA), 76280

*Autor para correspondencia: areli.mvz11@gmail.com

Palabras clave: Tiempo de rumia, producción de leche, correlación.

Introducción

Actualmente la disposición de nuevas tecnologías ha permitido la medición y monitoreo del ganado lechero de diversos rasgos de comportamiento, de procesos fisiológicos y de producción. Por ejemplo, el tiempo de rumia (TR) de una vaca se puede medir diario o por intervalos durante el día con el uso de sensores colocados en presentaciones de arete o collar. El análisis del TR se ha utilizado principalmente como un indicador del bienestar animal, para la evaluación del manejo nutricional y detección temprana de alteraciones fisiológicas por el curso de enfermedades crónicas o subclínicas. Además, se ha señalado que existe una asociación positiva entre el TR y producción de leche (PL) y una asociación negativa entre el TR y el contenido de grasa en la leche.

Los estudios genéticos del TR han ido en aumento, sin embargo, los resultados reportados en la literatura no son concluyentes al presentar una gran variación en parámetros como la heredabilidad (h^2) con un rango de 0.14 a 0.41 (Byskov et al., 2017; Atashi et al., 2023; Lopes et al., 2023; Sitkowska et al., 2024), y para la correlación genética entre TR y PL por lactación encontrando valores con un rango de -0.04 a 0.51.

Analizar el comportamiento del TR como característica continua y su relación con PL considerando los días en leche (DEL), podría mejorar el entendimiento de patrones de las variaciones del TR atribuido a rasgos propios del animal o del medio ambiente (Marino et al. 2021). La aplicación de un modelo de regresión aleatoria (MRA), tiene como particularidad la estimación de coeficientes de regresión asociados a cada individuo y el uso de funciones de covarianza, para su cálculo entre dos puntos de tiempo en la trayectoria que se modela, usualmente para el ganado lechero se utilizan los DEL.

Objetivos

Estimar parámetros genéticos y correlación genética entre el TR y PL en vacas Holstein con diferente número de lactación (NL), utilizando un modelo de regresión aleatoria.

Materiales y métodos

Características del hato y recolección de datos

El estudio utilizó información de PL y TR de hatos bajo sistema intensivo, ubicados en la región centro-oeste de México, recopilando información de 18 meses entre los años del 2021-2023. Se obtuvieron 709,271 registros de día de prueba para TR y PL, correspondiendo a 3,826 lactaciones de un total de 2,792 vacas Holstein con una media de 254 registros por vaca. Las vacas se agruparon por número de lactación (NL) en: 1L, 2L y 3L (primera, segunda y más de tres lactaciones, respectivamente). Para la medición del TR se utilizaron tags de monitoreo a través de sensores y acelerómetros.

Organización y procesamiento de datos

En la edición de datos de TR, DEL, PL y NL, se eliminaron registros de vacas con información faltante para alguna de las variables de TR y PL, así como vacas con menos de 5 registros de día de prueba por lactación entre 5 y 310 DEL. Las variables cuantitativas-continuas fueron analizadas utilizando medidas de tendencia central y de dispersión (medias y desviaciones estándar). La edición de las bases de datos y los análisis estadísticos se realizaron con el software SAS versión 9.3.

Análisis estadísticos

Para el análisis de los datos se utilizaron modelos de regresión aleatoria (univariados considerando varianza residual heterogénea y bivariado con varianza residual homogénea) para las variables de TR y

PL mediante la utilización del programa BLUPF90+, aplicando la metodología de AI-REML. El modelo matemático empleado fue:

$$y_{ij} = \sum_{m=0}^2 \alpha_m \phi_m(t_{ij}) + \sum_{m=0}^2 \beta_m \phi_m(t_{ij}) + \sum_{m=0}^2 \gamma_{im} \phi_m(t_{ij}) + \sum_{m=0}^2 \delta_{im} \phi_m(t_{ij}) + e_{ij}$$

donde: y_{ij} corresponde a las j -observaciones repetidas de las i -vacas tomadas en el tiempo (DEL) t , para PL y/o TR; α_m es el coeficiente de regresión fijo de grupo contemporáneo (hato-año-estación) y β_m es el coeficiente de regresión fijo de paridad, para modelar la media poblacional; γ_{im} y δ_{im} son los m -ésimos coeficientes de regresión aleatoria para los efectos genético aditivo (GA) y del ambiente permanente (PE), respectivamente. ϕ_m es el m -ésimo polinomio de Legendre, e_{ij} corresponde al efecto aleatorio del error residual y t_{ij} es el j -ésimo DEL para cada i -vaca estandarizada ($-1 < t < +1$), según la fórmula: $t_{ij} = 2 \frac{t_j - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}} - 1$ donde t_{\min} y t_{\max} es el tiempo mínimo y máximo de DEL, en este caso fue 5 y 305 DEL. En

la estimación de la matriz de (co)varianza de GA, se utilizó la fórmula $\hat{G} = \Phi G_0 \Phi'$, donde: Φ fue de dimensión $t \times k$, dónde t corresponde a los dos puntos de tiempo en la trayectoria a modelar (5 a 305 DEL) y k el orden de polinomios ortogonales de polinomios de Legendre; y G_0 corresponde a la matriz de coeficientes de regresión aleatoria para GA. Se realizó el mismo procedimiento para obtener la matriz de (co)varianza para PE remplazando G_0 con P_0 . Además, se obtuvo la matriz de correlaciones GA (ρ_g) con la fórmula $\hat{\rho}_g = d_x^{-1} (\Phi G_0 \Phi') d_y^{-1}$, donde: d_x^{-1} y d_y^{-1} representan a la matriz diagonal inversa de la raíz cuadrada de las varianzas genéticas aditivas de la matriz de (co)varianza para las variables TR = x y PL = y en estudio. Este proceso se aplicó de igual manera para obtener las correlaciones de PE (ρ_{pe}).

Resultados y discusión

La media y desviación estándar para TR y PL fueron de 548.6 ± 70.5 min/día y 38.3 ± 8.6 kg/día, valores que se encuentran en el rango de lo citado en la literatura en vacas Holstein monitoreadas con sensores, Ramunas et al. (2022), reportaron una media de TR de 616.8 ± 2.02 min/día y PL de 35 kg/día. Andreen et al. (2021) observaron una media para TR de 527 ± 73 min/día y PL de 38.3 ± 10.3 kg/día; y Marino et al. (2021) mostraron valores de TR >480 min/día en vacas con PL de 31.99 ± 0.38 kg/día, TR entre 480 y 540 min/día con una PL de 35.80 ± 0.36 y un TR <540 min/día en vacas con PL de 38.29 ± 0.35 kg/día.

Los componentes de varianza genético aditivo (σ_{ga}^2), ambiente permanente (σ_{pe}^2), residual (σ_r^2) y fenotípico (σ_f^2) estimados fueron 856.76, 1169.56, 3088.04 y 5114.37 para la variable de TR, y 10.83, 32.48, 21.48 y 64.79 para la variable de PL, respectivamente. Las heredabilidades (h^2) a lo largo de la lactación para el TR y PL presentaron una media de 0.17; en cuanto a la repetibilidad (r) se calculó una media para la PL de 0.68 con un rango de 0.53 a 0.81 y para TR una media de 0.39 con un rango de 0.32 a 0.57. La Figura 1a muestra una tendencia de aumento similar entre ambas características; sin embargo, al estimar la ρ_g entre éstas se obtuvieron valores cercanos a cero a partir del día 100 de lactación, por lo que no puede suponerse que la selección de una de las características resulte en cambios genéticos de la otra. La ρ_g entre TR y PL presentó una media de 0.07 con un rango de 0.03 a 0.31 durante la lactación y como consecuencia existe un mayor efecto de los factores ambientales para la tendencia fenotípica de vacas altas productoras con mayores tiempos de rumia. Finalmente, para ρ_{pe} se observó una media de 0.32 y un rango de 0.14 a 0.43; la Figura 1b muestra una tendencia ascendente lo cual indica que factores ambientales permanentes similares podrían afectar a ambas características. Lo reportado para CV concuerda con lo reportado por Sitkowska et al. (2024) quienes reportaron para el TR valores para $\sigma_{ga}^2 = 1,755.5$, $\sigma_{pe}^2 = 5,433.7$, $\sigma_r^2 = 5,386.9$, $\sigma_f^2 = 12,576.1$, $h^2 = 0.140$ y $r = 0.57$ y para PL valores de $\sigma_{ga}^2 = 9.06$, $\sigma_{pe}^2 = 11.98$, $\sigma_r^2 = 55.47$, $\sigma_f^2 = 76.52$, $h^2 = 0.12$ y $r = 0.27$, además para ρ_g se reportó un valor de 0.34. Por otro lado, existen valores mayores a los estimados, tal como lo reportado por Atashi et al. (2023) con una h^2 de 0.45 y 0.39, para TR y P, así como una $\rho_g = 0.27$ y Lopes et al. (2023) reportando una $h^2 = 0.41$ y Byskov et al. (2017) indicaron

una $h^2 = 0.33$. En la revisión de literatura realizada no se encontraron valores reportados para la ρ_{pe} entre TR y PL.

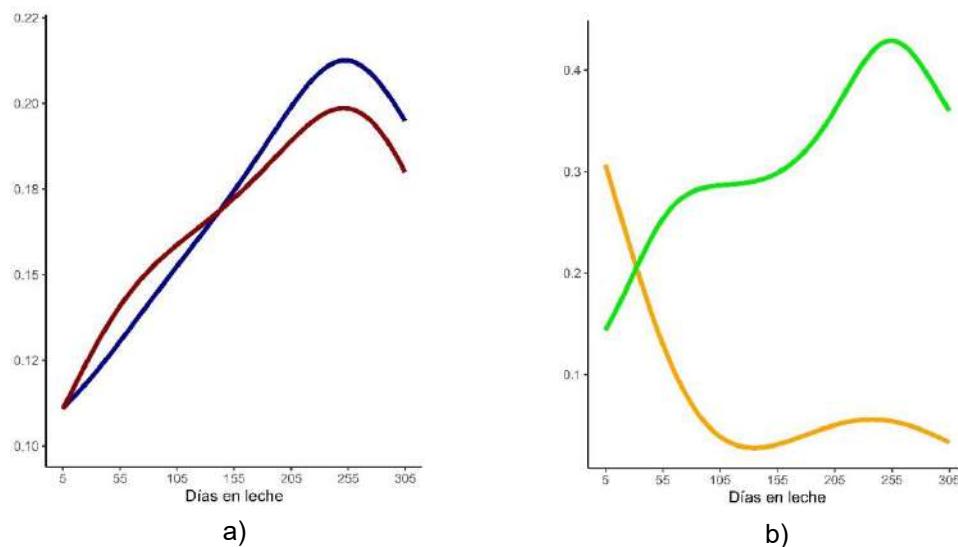


Figura 1. Grafica de heredabilidad (a) durante la lactación para la variable de TR (línea roja) y PL (línea azul) y gráfica (b) de correlación genética (línea amarilla) y de ambiente permanente (línea verde) entre las características de TR y PL

Conclusiones

El análisis de la variable de TR y PL como datos longitudinales utilizando un MRA, proporciona información de las variaciones de los parámetros genéticos a lo largo de toda la lactación. En la población en estudio se observó una h^2 baja y tendencia al aumento conforme avanza la lactación en ambas características, sin embargo, hay que considerar que la correlación genética presenta una tendencia descendente y cercana a cero conforme aumentan los días en la lactación. Contrariamente, la correlación de ambiente permanente presenta una tendencia de aumento conforme avanza la lactación implicando un efecto similar en ambas de factores ambientales constantes en el sistema de producción del ganado lechero. A pesar de tener la población en estudio valores estimados similares a los reportados en la literatura, TR mostró no ser un indicador útil de PL para selección genética al presentar componentes genéticos diferentes entre sí, sin embargo, podría ser beneficioso su uso para la evaluación del manejo y bienestar en el ganado.

Referencias bibliográficas

1. Marino R, Petrera F, Speroni M, Rutigliano T, Galli A, Abeni F. Unraveling the Relationship between Milk Yield and Quality at the Test Day with Rumination Time. Recorded by a PLF Technology Animals. 2021; 11(1583): 1-14. doi:10.3390/ani11061583
2. Sitkowska B, Yüksel HM, Piwczyński D, Önder H. Heritability and genetic correlations of rumination time with milk-yield and milking traits in Holstein-Friesian cows using an automated milking system. Animal 2024;18(3):101101
3. Atashi H, Pauline L, Tran MN, Gengler N. Estimation of genetic parameters and single-step genome-wide association studies for eating time and rumination time in Holstein dairy cows. J Dairy Sci 2023;S0022-0302(23)01201-8
4. Lopes LSF, Schenkel FS, Houlahan K, Rochus CM, Oliveira GA Jr, Oliveira HR, Miglior F, Alcantara LM, Tulpan D, Baes CF. Estimates of genetic parameters for rumination time, feed efficiency, and methane production traits in first lactation Holstein cows. J Dairy Sci 2024; 2:S0022-0302(24)00055-9
5. Byskov M, Fogh A, Løvendahl P. Genetic parameters of rumination time and feed efficiency traits in primiparous Holstein cows under research and commercial conditions. J Dairy Sci 2017;100(12):9635-9642

ANÁLISIS MULTIVARIADO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS TRES VARIEDADES DEL BORREGO CHIAPAS USANDO ÍNDICES ZOOMÉTRICOS.

Anaid Ireri Hernández-García¹, Alma Servín-Tome¹, José Luis Montes-Bautista^{1*}, Adimelda del Carmen Méndez-Gómez², Raúl Ulloa-Arvizu¹

¹Departamento de Genética y Bioestadística, FMVZ – UNAM; ²Centro de Estudios Etnoagropecuarios Campus III, UNACH.

* Autor de Correspondencia: mbjl_vet@yahoo.com.mx

Palabras clave: Borrego Chiapas, índices zoométricos, análisis multivariado, zoometría.

Introducción

Gran parte de la producción ovina en México se localiza en lugares marginados, procedente de sistemas productivos familiares o en pequeña escala donde predomina la cría de animales de tipo criollo. Bajo las características que se cuentan de en estos sistemas es necesario planificar programas de mejoramiento genético enfocados en la productividad y eficiencia bajo las condiciones de manejo existentes en las regiones donde se produce, para ello se requiere información de índole morfológica, productiva y molecular de los animales criollos.

Una herramienta para la caracterización morfológica de los animales es la zoometría que hace uso de las mediciones corporales para obtener información sobre la estructura morfológica y habilidades de desarrollo, además se puede complementar con el uso de índices zoométricos, ya que estos al incorporar diversas medidas de conformación, se puede realizar una diferenciación racial, determinación de condiciones físicas que predisponen a ciertas funciones zootécnicas y el dimorfismo sexual del animal, permitiendo una mejor evaluación objetiva de los animales (Pares, 2009; Salamanca-Carreño, 2022).

El borrego Chiapas es un animal rústico, autóctono de la zona de Los Altos, por lo tanto, muy bien adaptados a zonas montañosas, criados por más de cuatro siglos por mujeres indígenas tsotsiles como una de sus más importantes estrategias de subsistencia. El objetivo de producción es la obtención de lana para la confección de prendas de uso propio y creación de artesanías para vender; pero el borrego Chiapas además de emplearse productivamente tiene un carácter sociocultural. Se han descrito 8 variedades de borregos, siendo las más frecuentes: blanca (también llamada Chiapas o Icsat en Tsotsil) 17%, negra (Chamula o Sacjol) 27% y café (Mesha) 13%, esto se debe a la presión de selección por la preferencia del color de la lana (Perezgrovas, 2018).

Objetivo

Contribuir a la caracterización del Borrego Chiapas para estandarizar sus rasgos morfológicos mediante el análisis multivariado de índices zoométricos.

Materiales y métodos

Se calcularon los siguientes índices zoométricos: Índice corporal (IC)=(ALDs/PTx)*100, Índice torácico (ITO)=(AnTx/AITx)*100, Índice pelviano (IPE)=(AnGpa/LgGpa)*100, Índice pelviano transversal (IPV)=(AnGpa/AICz)*100, Índice pelviano longitudinal (IPL)=(LgGpa/AICz)*100, Índice de profundidad relativa del tórax (IPT)=(AITx/AICz)*100, Índice cortedad relativa (ICR)=(AICz/LgCpo)*100, Índice metacarpo torácico (IMT)=(PtCn/PTx)*100, Índice metacarpo costal (IMC)=(PtCn/AnTx)*100, Índice espesor relativo de la caña (IEC)=(PtCn/AICz)*100 (Pares, 2009; Avellanet, 2006), haciendo uso de 10 mediciones zoométricas (alzada a la cruz (AICz), alzada al dorso (ALDs), alzada a la grupa (ALGpa), ancho del tórax (AnTx), alto del tórax (AITx), largo del cuerpo (LcCpo), longitud de la grupa (LgGpa), perímetro torácico (PTx), ancho de la grupa (AnGpa), perímetro de la caña (PtCn)) obtenidas de 161 borregos Chiapas de ambos sexos de las tres variedades genéticas principales (blanca, café y negra), provenientes del Centro Ovino de Teopisca (CETNO), localizado en Barrio la Campana, Chiapas, México.

Los análisis estadísticos realizados a los índices zoométricos fueron correlación de Spearman, componentes principales (ACP) con rotación Varimax y las puntuaciones obtenidas de este análisis fueron introducidas a un análisis discriminante (AD) por variedad fenotípica de color (blanco, negra y café). Los análisis se realizaron en el programa estadístico IBM SPSS.

Resultados y discusión

Son escasos los estudios relacionados a la caracterización morfológica en borregos autóctonos mexicanos, siendo este el primer reporte realizado para el borrego criollo de Chiapas haciendo uso de índices

zoométricos, además de herramientas estadísticas como son los análisis multivariados, que ayudan a estudiar la variación biológica, este caso, de la raza y sus variedades fenotípicas del color.

En el cuadro 1 se muestra el análisis de correlación de Pearson entre los índices corporales del borrego Chiapas, donde el 82.22% de las correlaciones fueron significativas ($P<0.05$), pero la mayoría fueron correlaciones bajas. La correlación más alta fue entre IPV e IPE ($r=0.757$), ambos índices son indicadores de la estructura de la grupa, con ello de la aptitud reproductiva, cabe destacar que la mayoría de las mediciones se realizaron en hembras ($n=148$) que en machos ($n=12$); y la correlación más baja significativa fue entre IMC e ITO ($r= -0.652$), indicando una relación negativa entre el grado de finura del esqueleto del animal (IMC) con la compacidad del tórax (ITO).

Cuadro 1. Matriz de correlación de Spearman para los índices zoométricos de los borregos Chiapas.

	IC	ITO	IPE	IMC	IMT	ICR	IP L	IP V	IP T	IE C
I	-	1.0								
T	0.1	00								
O	74*									
I	-	0.1	1.0							
P	0.2	95*	00							
E	14*									
I	0.1	-	-	1.0						
M	68*	0.6	0.3	00						
C	52*	20*								
I	0.3	-	-	0.6	1.0					
M	63*	0.1	0.2	31*	00					
T	12	92*								
I	-	-	-	0.2	0.3	1.0				
C	0.2	0.0	0.3	93*	05*	00				
R	73*	53	10*							
I	-	0.0	-	-	-	-	1.0			
P	0.0	64	0.1	0.1	0.1	0.4	00			
L	65		95*	40	48	81*				
I	-	0.2	0.7	-	-	-	0.4	1.0		
P	0.2	11*	57*	0.3	0.3	0.6	40*	00		
V	37*			87*	63*	16*				
I	-	-	0.3	-	-	-	0.4	0.6	1.0	
P	0.2	0.0	32*	0.4	0.3	0.6	88*	39*	00	
T	58*	37		15*	91*	11*				
I	-	0.0	0.1	0.2	0.3	-	0.3	0.4	0.4	1.
E	0.2	50	71*	69*	42*	0.3	94*	26*	27*	00
C	31*					58*				0

*Correlación significativa ($P<0.05$)

En el ACP se obtuvo un coeficiente de Kaiser de 0.333 y la prueba de esfericidad de Barlett fue significativa ($P<0.001$). Siguiendo el criterio de Keiser se extrajeron 5 componentes que explican el 92.18% de la variabilidad. Si bien, los índices zoométricos es la correspondencia entre 2 dimensiones locales, la interpretación de los componentes dados por el ACP debe realizarse por la definición resultante de esta correspondencia, por ejemplo: en el primer componente se encuentran índices que indican sobre la forma morfológica del animal (ICR, IPL, IPT), explicando el 35.88% de la variabilidad total; en el segundo componente los índices IPE e IPV hacen referencia sobre la conformación de la grupa, explicando el 19.36% de la variación; en el tercer componente se explica el 13.54% donde se ubican índices que describen la conformación de los miembros locomotores (IMT e IEC); en el cuarto componente se encuentran englobados los índices que refieren a la conformación ósea (ITO e IMC), donde se explica el 12.23% de la variabilidad. Por último, en el quinto componente se explica el 11.16% de la variabilidad, localizándose el índice IC, el cual define la proporcionalidad del animal (Cuadro 1).

Cuadro 2. Puntuación obtenida por la rotación de Varimax para los índices corporales de los Borregos Chiapas.

Índices	Componentes				
	1	2	3	4	5
IC	-0.058	-0.120	0.111	-0.045	0.978
ITO	-0.010	0.107	0.003	0.984	-0.050
IPE	-0.087	0.980	-0.088	0.108	-0.050
IMC	-0.203	-0.215	0.636	-0.665	-0.018
IMT	-0.253	-0.228	0.849	-0.052	0.291
ICR	-0.708	-0.343	0.133	-0.013	-0.485
IPL	0.895	-0.204	0.042	0.138	-0.062
IPV	0.483	0.790	-0.047	0.192	-0.084
IPT	0.758	0.402	-0.211	-0.101	-0.136
IEC	0.555	0.269	0.713	0.017	-0.245

En el análisis discriminante se obtuvo una Lambda de Wilk significativa de 0.716 ($P<0.001$). En la figura 1 se observa a la variedad café ligeramente separada (F_1) del resto de las variedades (blanca y negra) (F_2), estas diferencias entre variedades también se han observado en estudios realizados en características productivas como: lana, leche, pesos, etcétera (Perezgrovas, 2018), donde se ha observado que la variedad café es menor.

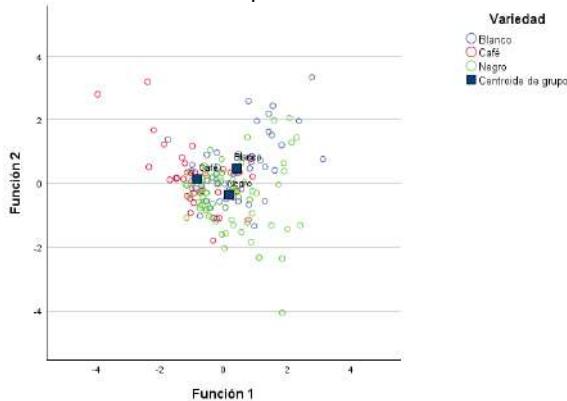


Figura 1. Biplot de los índices zoométricos para las tres variedades de Borrego Chiapas.

Conclusiones

Las diferencias productivas encontradas por otros autores también se manifiestan a nivel morfológico, donde la variedad café es menor con respecto al resto de las variedades de color. La variabilidad de la conformación del borrego Chiapas dada por los índices zoométricos es explicada mayormente por índices que definen la conformación morfoestructural del animal, seguido por índices zoométricos que describen la conformación de la grupa, sin embargo, se encontró poca relación significativa entre la mayoría de los índices zoométricos.

Referencias bibliográficas

1. Avellanet TR (2006). Conservación de recursos genéticos ovinos en la raza Xisqueta: caracterización estructural, racial y gestión de la diversidad en programas "in situ. Ph. D. Thesis. España: Universitat Autònoma de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/5679>
2. Parés CPM (2009). Zoometría. En C. Sañudo Astiz (Ed.), Valoración morfológica de los animales domésticos. pp. 171-202. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, España. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/LIBRO%20valoracion%20morfologica%20SEZ_tcm30-119157.pdf
3. Perezgrovas GRA (2018). Los carneros de San Juan. Antecedentes históricos y panorama actual de la ovinocultura tzotzil. Universidad Autónoma de Chiapas, México: Editorial CECOI; 2018. https://www.iei.unach.mx/images/publicaciones/carneros_de_san_juan.pdf
4. Salamanca-Carreño A, Parés-Casanova PM, Terranova OMV, Rosa GC & Jáuregui R (2022). Valoración morfométrica de una población de cerdos criollos araucanos (Colombia). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 33(5).<https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v33i5.23794>

REPROQUANT: UNA APLICACIÓN EN ANDROID PARA EL CÁLCULO DE DOSIS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL PARA ESPECIES PECUARIAS.

Marco Aurelio Aragón Magadán^{1*}, David Urbán Duarte¹, Horacio Álvarez Gallardo¹

¹CNRG INIFAP

*Autor para correspondencia: aragon.marco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Android, recursos genéticos, conservación.

Introducción

Los teléfonos inteligentes se han consolidado como uno de los artículos tecnológicos más utilizados en todo el mundo por personas de todas las edades, estratos sociales y culturas. Su capacidad para procesar información en tiempo real y la flexibilidad del sistema operativo Android para el desarrollo de aplicaciones, sumado a su popularidad, los convierte en una alternativa poderosa, accesible, económica y de alto impacto para el desarrollo de aplicaciones con fines institucionales.

En este contexto, la creación de aplicaciones para Android se ha convertido en uno de los objetivos principales de la era moderna, permitiendo a los investigadores disponer de herramientas que faciliten su trabajo tanto en laboratorio como en campo. Estas herramientas deben ser intuitivas, prácticas, fáciles de utilizar y de compartir. Por ello, en el Centro Nacional de Recursos Genéticos, específicamente en la Colección de Recursos Zoogenéticos, se desarrolló ReproQuant. Esta es una aplicación para Android que permite el cálculo automático de dosis de semen refrigerado o congelado, destinados a su uso en la inseminación artificial o a la conservación de recursos genéticos a mediano y largo plazo.

Objetivos

Desarrollar una aplicación en Android intuitiva, fácil de usar y efectiva para el cálculo de dosis de inseminación.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de ReproQuant se empleó Android Studio Jellyfish versión 2023.3.1. Como lenguaje de programación se utilizó Kotlin, el cual ha sido adoptado oficialmente por Google™ desde 2017 como el lenguaje base de Android, el cual combina características de Java, Scala y Groovy (Malave Polanco y Beauperthuy Taibo 2011; Schwermer 2018). La interfaz gráfica se desarrolló con Jetpack Compose versión 1.6.8, utilizando el estilo Material Design 3, característico de los teléfonos Android. Las pruebas de depuración, corrección de errores y funcionamiento se realizaron en un teléfono POCO X5 Pro 5G con Android 14 "Upside Down Cake".

La aplicación cuenta con una pantalla de bienvenida (Figura 1-A) que conduce al menú principal, donde mediante íconos (Figura 1-B) se invita al usuario a seleccionar entre bovinos, ovinos, porcinos, equinos y caprinos. Dado que la forma de calcular la dosis de inseminación depende de la especie animal y su tiempo de uso, la aplicación desplegará diferentes pantallas según la elección del usuario. Para bovinos, ovinos y caprinos, se presenta un menú en el que se solicita al usuario ingresar información sobre la calidad y características relevantes del semen, así como la concentración y el volumen final de las pajillas a utilizar (Figura 1-C).

Para este caso, ReproQuant aplicará las siguientes fórmulas para calcular el número de pajillas por dosis de semen y el volumen de diluyente a aplicar:

$$\text{No. pajillas} = \frac{(VE \times CE)(MP)(1 - AN)}{CP}$$

$$\text{Volumen diluyente} = (\text{No. pajillas} \times \text{Volumen pajilla}) - VE$$

Donde:

VE = Volumen del eyaculado en mL

CE = Concentración por mL del eyaculado en 10^6 spz/mL

MP = Motilidad progresiva en porcentaje

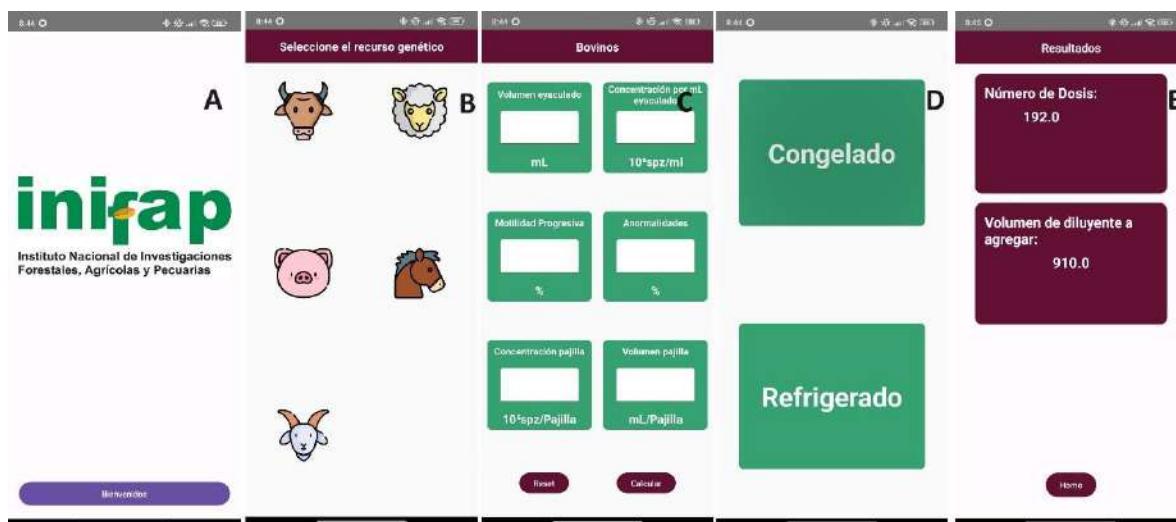
AN = Anormalidades en porcentaje

CP = Concentración de la pajilla en 10^6 spz/por pajilla/dosis

Para porcinos y equinos, ReproQuant muestra una pantalla adicional para que el usuario seleccione entre semen congelado o refrigerado (Figura 1 - D), dado que el semen congelado tiene un paso de centrifugación de la muestra previo a la elaboración de las dosis, se aplica la siguiente ecuación para calcular el volumen de diluyente a aplicar:

$$\text{Volumen diluyente} = (\text{No. pajillas} \times \text{Volumen pajilla})$$

Los resultados finales de los cálculos para cualquier especie se muestran en una pantalla adicional (Figura 1 – E) para mayor comodidad del usuario. La compilación de la aplicación para la creación del archivo de instalación (APK) se realizó en Android Studio siguiendo las instrucciones del mismo.



Resultados y discusión

Los resultados obtenidos por ReproQuant fueron corroborados mediante Excel y de forma manual, sin encontrar inconsistencias ni errores, lo que indica que no existen problemas de código y que las ecuaciones utilizadas se aplican correctamente. Asimismo, no se presentaron errores durante el proceso de compilación del archivo APK y la instalación en otros teléfonos inteligentes no mostró fallos.

Las ventajas y puntos importantes de ReproQuant según los resultados son los siguientes:

- Automatización de Cálculos:** La aplicación permite realizar cálculos complejos de manera automática, reduciendo el riesgo de errores humanos y ahorrando tiempo a los investigadores y técnicos.
- Accesibilidad y Movilidad:** Al estar disponible en teléfonos inteligentes, los investigadores pueden acceder a la herramienta tanto en el laboratorio como en el campo, facilitando el trabajo en diferentes entornos sin la necesidad de equipos adicionales.
- Interfaz Intuitiva y Específica por Especie:** La aplicación está diseñada con una interfaz gráfica intuitiva que permite a los usuarios seleccionar la especie animal y recibir instrucciones específicas para cada una, mejorando la precisión y eficiencia del proceso del cálculo de las dosis para inseminación artificial.
- Verificación y Validación de Resultados:** Los resultados de ReproQuant han sido corroborados, asegurando la fiabilidad de las ecuaciones y algoritmos utilizados, lo que incrementa la confianza en la herramienta y en sus resultados.
- Compatibilidad y Facilidad de Distribución:** El bajo tamaño del archivo de instalación (6.2 MB) facilita su instalación y distribución entre diferentes usuarios, promoviendo su uso y adopción en diversas instituciones y por parte de múltiples investigadores.

La integración y ajuste de herramientas tecnológicas como ReproQuant en el quehacer institucional es fundamental para la modernización y eficiencia de los procesos de investigación y manejo de recursos genéticos. En un entorno donde la precisión y la rapidez son esenciales, estas aplicaciones automatizan cálculos complejos, reducen el riesgo de errores humanos y permiten a los investigadores centrarse en aspectos más críticos de su trabajo. Además, su accesibilidad a través de dispositivos móviles facilita la

movilidad y el trabajo en campo, asegurando que las herramientas estén disponibles en cualquier momento y lugar. La capacidad de personalizar estas aplicaciones según las necesidades específicas de la institución no solo optimiza el rendimiento, sino que también promueve la colaboración entre programadores e investigadores, fomentando la innovación continua. En conjunto, estas herramientas no solo aumentan la eficiencia operativa, sino que también destacan la importancia de la adopción de nuevas tecnologías para mantener la competitividad y relevancia en el ámbito científico y académico.

Conclusiones

Es posible generar aplicaciones para dispositivos Android eficientes, intuitivas, originales y de fácil distribución personalizadas según las necesidades de los investigadores.

Agradecimientos y fuentes financieras

Agradecimientos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por las facilidades brandadas para la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas

1. Malave Polanco, Kristel, y José Luis Beauperthuy Taibo. 2011. “Android’ el sistema operativo de Google para dispositivos móviles”. *Negotium: revista de ciencias gerenciales* 7(19):79–96.
2. Schwermer, Patrik. 2018. *Performance Evaluation of Kotlin and Java on Android Runtime*.

CORRIDAS DE HETEROGENEIDAD EN GANADO LECHERO SEMI ESPECIALIZADO Y DE DOBLE PROPÓSITO DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ.

César G. Luna-Azuara¹, Moisés Montaño-Bermúdez^{2*}, René Calderón-Chagoya², Luis A. García-Bravo¹, Raymundo S. Gudiño-Escandón¹, Vicente E. Vega-Murillo¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP.

*Autor para correspondencia: montano.moises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Heterocigosidad, SNP, bovinos.

Introducción

Los sistemas de producción de leche en México están categorizados en familiar-traspasio (FT), doble propósito (DP), lechería semi especializada (LSE) y lechería especializada (LE). En los sistemas DP en regiones de climas tropicales, las vacas cruzadas tienen un mejor desempeño en la producción de leche que las vacas puras *Bos taurus* o *Bos indicus* debido a la resistencia a ectoparásitos y estrés calórico. Características propias de algunas poblaciones, como las mencionadas anteriormente, suelen estar relacionadas a regiones de heterocigosis también conocidas como corridas de heterocigosis (ROH), las cuales a través de la expresión de alelos dominantes ofrecen beneficios como mayor resistencia a enfermedades y adaptación, resultando en una mejor capacidad de respuesta a los cambios medioambientales. Además, pueden proporcionar información sobre la diversidad de las poblaciones y su estructura genética (Samuels et al., 2016).

Objetivo

Identificar y describir regiones heterocigóticas (ROH) en dos poblaciones de ganado lechero de la zona central del estado de Veracruz

Materiales y métodos

Se tomaron muestras de sangre de 290 bovinos, 177 Holstein puros procedentes de hatos lecheros semi especializados de la localidad de La Joya, del municipio de Acajete, Veracruz y 113 animales Holstein-Suizo Pardo y Montbeliarde-Cebú de hatos de sistema doble propósito en Medellín, Veracruz. En el Cuadro 1 se presentan el número de animales y sexo por sistema de producción. Los genotipos se obtuvieron con el panel de 150,000 SNP (GeneSeek® genomic profiler bovine™ 150k).

Cuadro 1. Número de animales por sistema de producción y sexo.

Sistema de producción	Hembras	Machos	Total
DP	101	12	113
LSE	176	1	177
Total	277	13	290

DP: Doble propósito, LSE: Lechería semi especializada.

Se excluyeron los SNP con una tasa de llamada <0.95, una frecuencia alélica <0.05 y con la prueba de equilibrio de Hardy-Weinberg <10⁻⁶. También se eliminaron los individuos con una tasa de llamada inferior a 0.95. Después del control de calidad, quedaron 116,922 SNP autosómicos de 279 bovinos.

La identificación de ROH se llevó a cabo utilizando la paquetería detectRUNS de R y la metodología de ventanas deslizantes. El número mínimo de SNP consecutivos incluidos en un ROH fue de 15; la longitud mínima de un ROH se estableció en 500 kb; y se permitió un máximo de un SNP con genotipos faltantes y hasta dos genotipos homocigotos en un ROH. La longitud del ROH en cada individuo se dividió en cuatro clases: 0-1 Mb, 1-2 Mb y 2-4 Mb. El umbral de la ventana se mantuvo por defecto (0.05). (Biscarini et al., 2019).

Resultados y discusión

Se identificaron 8,851 ROHet en ambas poblaciones. El mayor número se encontró en la población LSE (6,220) y el menor número de ROHet en la población DP (2,631). El número de ROHet y la longitud media por clase de tamaño se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas de las regiones ricas en heterocigosidad (ROHet) por clases de tamaño en la población doble propósito y semi-especializado.

Tamaño (Mb)	DP	LSE		
	N	TP (Mb)	N	TP (Mb)
0-1	2631	0.62	6220	0.61
1-2	145	1.34	258	1.27
2-4	18	2.18	3	2.02

DP: doble propósito; LSE: semi-especializado; TP: tamaño promedio.

En general, el mayor porcentaje de ROHet se clasificó con una longitud de 0-1 Mb (95.9 %) y 1-2 Mb (5,1 %). El porcentaje de ROHet superiores a 2 Mb sólo se detectó en el 0.06% de los ROHet. La distribución promedio de la longitud de ROHet por cromosoma en la población DP indicó que el cromosoma 21 tenía la mayor longitud de ROHet, con 0.95 Mb, seguido por el cromosoma 7 con 0.89 Mb. En el caso de la población LSE, el cromosoma 29 tuvo la mayor longitud de todos los ROHet (0.82 Mb) seguido por el cromosoma 23 (0.81 Mb). Contrariamente, la menor longitud se encontró en el cromosoma 25, con 0.57 y 0.58 Mb para DP y LSE, respectivamente (Fig. 1).

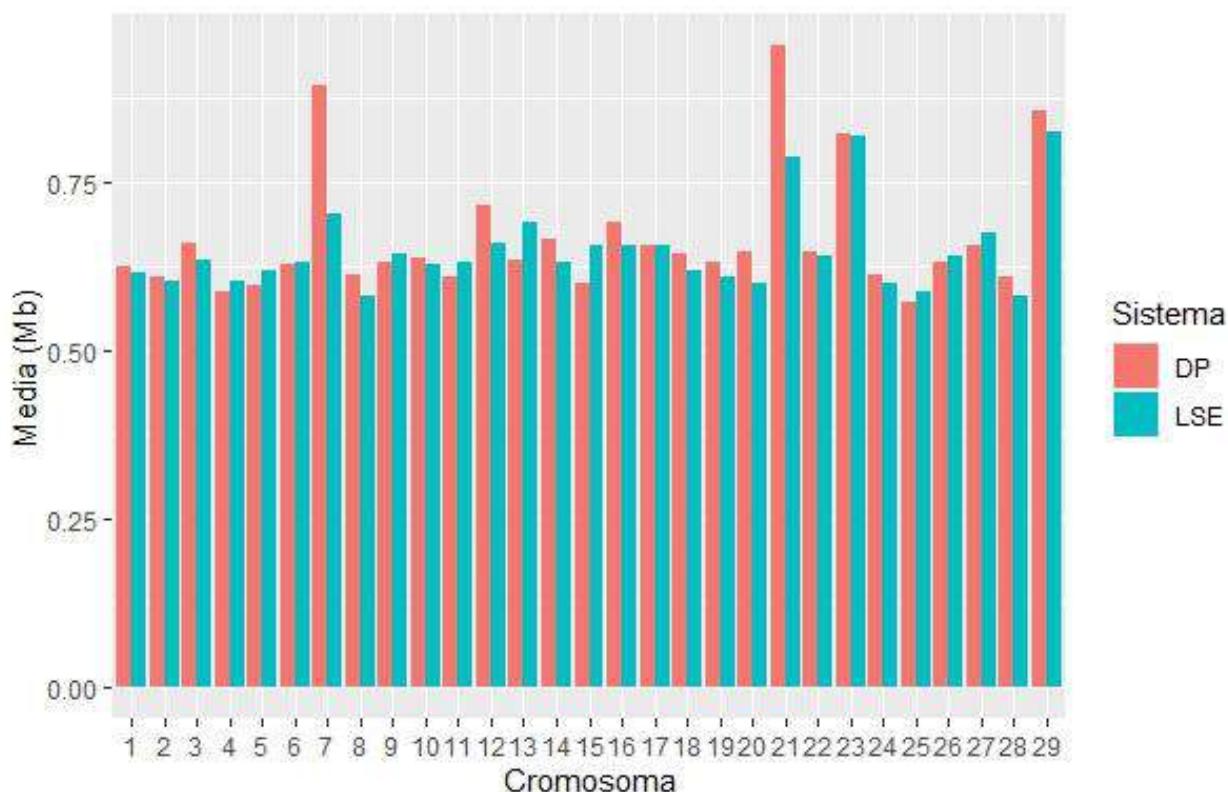


Figura 1. Longitud media de ROHet por cromosoma para doble propósito (DP) y lechería semi especializado (LSE).

Mulim et al. (2022) identificaron 3,576 ROHet y encontraron que la población con el mayor número de ROHet fue la de raza Senepol, en la que se combinan diferentes genomas debido al cruce entre *Bos taurus* y *Bos indicus*. Por el contrario, en la población doble propósito (DP), se encontró un menor número de

ROHet a pesar de estar compuesta por cruzas Holstein-Suizo Pardo y Montbéliarde-Cebú, en comparación con la población semi-especializada, compuesta únicamente por Holstein puro.

Williams et al. (2015) mencionan que el cromosoma 7 tiene las ROHet con mayor longitud, mayores a 150 Mb, en ganado Chillingham. Lo cual concuerda con los resultados obtenidos. Por otra parte, Carrara et al. (2024) en una población de ganado Guzerat identificaron un total de 4,843 ROHet, siendo el cromosoma 23 el que presentó mayor número y, por lo tanto, mayor distancia cubierta. Dicho cromosoma es el que segundo con mayor cobertura en la población de LSE.

El número y la longitud de las ROHet identificadas en este estudio fueron diferentes a los obtenidos en otras investigaciones. Aunque, al igual que en otros estudios, se encontró que los segmentos cortos de ROHet (<1 Mb) fueron los más frecuentes.

Conclusiones

Se encontró un mayor número de ROHet en los animales Holstein del sistema LSE que en los animales *Bos taurus* y *Bos indicus* del sistema DP. Esto sugiere diferencias en la estructura genética de las poblaciones estudiadas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos a la Unión Ganadera Regional de la Zona Central del Estado de Veracruz por su respaldo y financiamiento, así como a la Asociación de Médicos Veterinarios Zootecnistas del Estado de Veracruz por su colaboración en la logística del muestreo de animales.

Referencias bibliográficas

1. Biscarini, F., Cozzi, P., Gaspa, G., Marras, G. (2019). detectRUNS: Detect Runs of Homozygosity and Runs of Heterozygosity in Diploid Genomes. R package version 0.9. 6.
2. Carrara, E. R., Lopes, P. S., Veroneze, R., Pereira, R. J., Zadra, L. E. F., Peixoto, M. G. C. D. (2024). Assessment of runs of homozygosity, heterozygosity-richregions and genomic inbreeding estimates in asubpopulation of Guzerá (*Bos indicus*) dual-purpose cattle. Journal of Animal Breeding and Genetics, 141, 207-219.
3. Mulim, H. A., Brito, L. F., Pinto, L. F. B., Ferraz, J. B. S., Grigoletto, L., Silva, M. R., Pedrosa, V. B. (2022) Characterization of runs of homozygosity, heterozygosity-enriched regions, and population structure in cattle populations selected for different breeding goals. BMC Genomics, 23(209).
4. Samuels, D.C., Wang, J., Ye, F., He, J., Levinson, R.T., Sheng, Q., Zhao, S., Capra, J.A., Shyr, Y., Zheng, W., Guo, Y. (2016). Heterozygosity ratio, a robust global genomic measure of autozygosity and its association with height and disease risk. Genetics, 204, 893-904.
5. Williams, J. L., Hall, S. J. G., Del Corvo, M., Ballingall, K. T., Colli, L., Ajmone-Marsan, P. y Biscarini, F. (2015). Inbreeding and purging at the genomic Level: the Chillingham cattle reveal extensive, non-random SNP heterozygosity. Animal Genetics, 47, 19-27.

IDENTIFICACIÓN DE GENES RELACIONADOS CON LA EDAD A PRIMER PARTO EN GANADO SIMMENTAL Y SIMBRAH.

Luis A. García-Bravo¹; René Calderón-Chagoya²; Guillermo Martínez Velázquez^{3*}; Moisés Montaño Bermúdez²; Juan P. Zárate-Martínez⁴, José A. Villagómez-Cortés¹; Vicente E. Vega-Murillo¹.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana; ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP; ³Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP; ⁴Campo Experimental La Posta, INIFAP.

*Autor para correspondencia: montano.moises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Bayes B, edad a primer parto, bovinos.

Introducción

Las características relacionadas con la fertilidad desempeñan un papel fundamental en los sistemas de producción ganadera. No obstante, la complejidad de estas características ha requerido la integración de múltiples disciplinas, como la genómica, la epigenómica y la proteómica, con el fin de desentrañar las bases moleculares de la fertilidad y proporcionar una comprensión más profunda de las vías biológicas asociadas con el éxito reproductivo. En las últimas décadas, el análisis genómico también ha permitido identificar la asociación entre diversas características en individuos y poblaciones específicas, determinando así las relaciones entre regiones genómicas y otras características, lo que ha facilitado la comprensión de su expresión, evolución y rendimiento futuro. El avance de tecnologías de secuenciación más rápidas y asequibles, junto con el desarrollo de chips SNP para especies ganaderas, ha simplificado la aplicación de análisis de asociación del genoma (GWAS), permitiendo establecer relaciones entre polimorfismos de nucleótidos únicos (SNP) y fenotipos y mejorando la comprensión de los factores genéticos que influyen en la expresión de características reproductivas.

Objetivo

El objetivo fue realizar estudios de asociación del genoma completo para identificar regiones genómicas asociadas con la edad a primer parto.

Materiales y métodos

Se utilizó el genotipo y fenotipo de 830 animales (402 Simmental y 428 Simbrah), proporcionados por la Asociación Mexicana de Criadores Simmental-Simbrah (AMCSS). Se obtuvo, el valor genético estimado (EBV) para edad a primer parto utilizando los datos de la AMCSS. Los EBV fueron deregresados (DEBV) según la metodología descrita por Garrick et al. (2009). Se tomaron muestras de sangre y se genotipificaron con el chip GGP Bovine 150k mediante la plataforma Illumina. El control de calidad de los genotipos se realizó en Plink 1.07 descartando SNP con una tasa de llamado <0.95 y frecuencia alélica <0.05 e individuos que tenían un índice de llamada por debajo de 0.95. El análisis de asociación se realizó con el paquete estadístico BGLR dentro del entorno de programación R, usando el modelo Bayes B. Para detectar los genes y QTLs se utilizó la paquetería de anotación genómica para loci candidato posicional en ganado (GALLO).

Resultados

Se encontraron 3 marcadores SNP significativos: BovineHD2100004575 y ARS-BFGL-NGS-36610 en Simbrah, y BTB-00396602 en Simmental, en los cromosomas 21, 25 y 9 respectivamente (Tabla 1). En la base de datos ARS-UCD1.2 se encontraron en total 8 genes y mediante el uso de la base de datos de QTL de ganado bovino(Hu et al., 2022), se encontraron 7 QTL descritos anteriormente, todos dentro de las ventanas de SNP para EPP.

Cuadro 1. Marcadores significativos asociados con la edad a primer parto (EPP) en ganado Simmental y Simbrah.

SNP	CHR	PB	QTL	GEN	PUBMED_ID
BovineHD2100004575	21	16320863	Intervalo del parto al primer estro, Porcentaje de kappa-caseína en leche, Porcentaje de kappa-caseína no glicosilada en la leche.	AKAP13	20477799, 27485317
ARS-BFGL-NGS-36610	25	16955507	Porcentaje de kappa-caseína de la leche, Porcentaje de kappa-caseína no glicosilada de la leche.	ITPR1PL2, COQ7, TMC7, TMC5	27485317
BTB-00396602	9	60271192	inseminación por concepción, tasa de concepción al primer servicio, tasa de no retorno, intervalo entre partos, intervalo al primer estro posparto.	BACH2, GJA10, CASP8AP2.	32650431, 24428918, 26193888, 22100599

SNP: polimorfismo de nucleótido simple; CHR: cromosoma; PB: pares de base; QTL: locus de carácter cuantitativo;

Discusión

En el cromosoma 21, Sahana et al. (2010) reportaron QTL con efecto sobre el intervalo del parto al primer estro en ganado Holstein daneses y suecos, y en el presente estudio se relacionó con la EPP usando los datos del ganado Simbrah. Por otro lado, en la base de datos de QTL dentro de la región del SNP ARS-BFGL-NGS-36610 en el cromosoma 25, no se ha reportado alguno con efecto sobre característica reproductiva, pero si para características relacionada con leche. En el cromosoma nueve dentro de la región del SNP BTB-00396602 a 60271192 pares de base, se han encontrado QTL relacionado con el número de inseminaciones por concepción y tasa de concepción al primer servicio en novillas Holstein (Gallou et al., 2020). En el estudio realizado por Höglund et al. (2014) se lograron validar SNP en poblaciones Rojo Nórdico y Jersey identificados previamente en ganado Holstein, en regiones con efecto sobre la tasa de no retorno y el número de inseminaciones por concepción. Dentro de la misma región del cromosoma nueve Hawken et al. (2012) encontraron QTL con efecto sobre el intervalo al primer estro posparto. El marcador BovineHD2100004575 se encontró dentro de la región del gen AKAP13, el cual se asocia con el tamaño de la camada en cabras en Kurdistán, Irán. Los genes TMC7 y TMC5 se han identificados como genes candidatos relacionado con la concentración de minerales en el tejido muscular en ganado Nelore y el gen BACH2 se ha reportado como regulador clave del perfil de ácidos grasos de la leche bovina (Pegolo et al., 2017)

Conclusiones

Se identificaron tres regiones significativas asociadas a la edad a primer parto, en las que se encuentran ocho genes candidatos como posibles reguladores de esta característica.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca proporcionada al autor, con número de apoyo 781818. Al INIFAP por aportar los datos para el cumplimiento del estudio.

Referencias bibliográficas

1. Galliou, J.M., Kiser, J.N., Oliver, K.F., Seabury, C.M., Moraes, J.G.N., Burns, G.W., Spencer, T.E., Dalton, J., Neiberger, H.L. (2020). Identificación de loci y vías asociadas con la tasa de concepción de vaquillas en Holstein de EE. UU. *Genes (Basilea)*, 11(7):767. doi: 10.3390/genes11070767.
2. Garrick, D.J., Taylor, J.F., Fernando, R.L. (2009). Deregressing estimated breeding values and weighting information for genomic regression analyses. *Genet Sel Evol*, 41:55. doi: 10.1186/1297-9686-41-55.
3. Hawken, R.J., Zhang, Y.D., Fortes, M.R., Collis, E., Barris, W.C., Corbet, N.J., Williams, P.J., Fordyce, G., Holroyd, R.G., Walkley, J.R., Barendse, W., Johnston, D.J., Prayaga, K.C., Tier, B., Reverter, A., Lehnert, S.A. (2012). Estudios de asociación de todo el genoma de la reproducción femenina en ganado vacuno adaptado a los trópicos. *J Anim Sci*, 90(5):1398-410. doi: 10.2527/jas.2011-4410.
4. Höglund, J.K., Sahana, G., Guldbrandtsen, B., Lund, M.S. (2014). Validación de asociaciones para los rasgos de fertilidad femenina en bovinos lecheros nórdicos Holstein, Nordic Red y Jersey. *BMC Genet*, 15:8. doi: 10.1186/1471-2156-15-8.
5. Ahana, G., Guldbrandtsen, B., Bendixen, C., Lund, M.S. (2010). Genome-wide association mapping for female fertility traits in Danish and Swedish Holstein cattle. *Anim Genet*, 41(6):579-88. doi: 10.1111/j.1365-2052.2010.02064.x.

EFFECTO DE LA CONSANGUINIDAD SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE VALORES GENÉTICOS.

Adriana García-Ruiz^{*1}, Felipe de Jesús Ruiz-López¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP.

*Autor para correspondencia: garcia.adriana@inifap.gob.mx

Palabras clave: Consanguinidad, confiabilidad.

Introducción

El objetivo de las evaluaciones genéticas en cualquier especie y sistema de producción es estimar los valores genéticos con base en la información fenotípica, genealógica y/o genómica disponible para cada animal. Cada valor genético tiene una exactitud (o su cuadrado, la confiabilidad) que representa una manera objetiva de medir el riesgo en la selección de ejemplares que serán usados en la siguiente generación. El perfeccionar los métodos para una mejor estimación de las confiabilidades de valores genéticos trae muchas ventajas en los programas de mejoramiento genético, ya que se puede detectar a los mejores o peores animales de una población de una manera más precisa y se pueden seleccionar animales para nuevos caracteres que tienen pocos registros fenotípicos, lo que permitiría establecer una selección con base en caracteres complejos (Pryce et al., 2015).

En las modelaciones del mejor predictor linear insesgado de Henderson (1984), la confiabilidad se estimó como la correlación del valor genético real de un individuo (u) con su estimado (\hat{u}) y se definió de la siguiente

manera: $\text{Confiabilidad} = \text{Exactitud}^2 = \frac{\text{Cov}(u, \hat{u})^2}{\text{Var}(\hat{u})\text{Var}(u)} = 1 - \frac{\text{PEV}}{\text{Var}(u)}$, donde la varianza del error de predicción

es (PEV) = $\text{Var}(\hat{u} - u)$, y la $\text{Var}(u) = \sigma_u^2$, es considerada como la varianza genética aditiva, pero $\text{Var}(u)$ depende de cada individuo, por lo que se ha considerado incluir para el individuo i , la $\text{Var}(u_i) = A_{ii}\sigma_u^2$, donde A_{ii} puede cambiar dependiendo de la fuente de información usada (pedigrí, pedigrí más genómica, o información genómica), y representa la relación de un animal consigo mismo, que es igual a $1 + F_i$, y F_i representa el coeficiente de consanguinidad. De esta manera, el ajuste de la confiabilidad queda como:

$\text{Confiabilidad} = 1 - \frac{\text{PEV}_i}{1 + F_i} \sigma_u^2$ (Aguilar et al., 2020).

Objetivos

Evaluar el efecto de incluir la consanguinidad en la estimación de la confiabilidad de valores genéticos para producción de leche, incluyendo individuos con y sin genotipos.

Materiales y métodos.

El trabajo incluyó 679,580 registros productivos de leche en Kg previamente ajustados a 305 días y equivalente de madurez, pertenecientes a 368,857 vacas de la raza Holstein, que contaban con información de 1 a 3 lactaciones. Los animales estuvieron distribuidos en 353 hatos en 18 estados de la república mexicana nacidos de 1979 a 2023. La información fue proporcionada por la Asociación Holstein de México, A.C. (AHM).

La información genómica consistió en 9,001 genotipos de vacas y 621 genotipos de sementales, los cuales contaban con información de 113,578 marcadores tipo SNP previamente imputados con FindHap V2 y que cumplieron el control de calidad genómico, que consistió en excluir los animales con call rate <0.95, SNP con frecuencia del alelo menor (MAF) < 0.05, o un valor de P para la prueba de equilibrio de Hardy Weinberg < 0.15. El control de calidad se realizó con el programa Pregsf90. La información genómica fue proporcionada por el CENIDFyMA-INIFAP.

Para la estimación de los valores genómicos, se usó la metodología de un solo paso (ssGBLUP), que combina fenotipos, pedigrí y genotipos, y se evaluó la característica de producción de leche en Kg. El modelo utilizado para la estimación de los valores genéticos fue el siguiente;

$$y_{ijklmn} = \mu + HAE_i + EDAD_j + PE_k + SH_l + ANIMAL_m + e_{ijklmn}$$

Dónde y es la producción de leche en kg (PL). Los efectos fijos del modelo son; μ la media general para producción de leche, HAE_i el i -ésimo nivel de hato año estación, $EDAD_j$ el j -ésimo nivel de edad al parto en meses en cada lactación clasificada de 1 a 9 de acuerdo con su distribución. Los efectos aleatorios incluidos fueron: PE_k que es el k -ésimo nivel del ambiente permanente, SH_l es el l -ésimo nivel de la

combinación semental-hato, $ANIMAL^m$ es el efecto del animal y e_{ijklmn} el efecto residual. Se estimaron las confiabilidades con dos metodologías, sin incluir la consanguinidad (F): $1 - \frac{PEV}{Var(u)}$, y considerando F , como $1 - \frac{PEV_i}{(1+F_i)*\sigma_u^2}$. Para la estimación de valores genéticos y PEV se usó la paquetería Blupf90+ (Misztal et al., 2018). Las confiabilidades de los valores genéticos se compararon, diferenciando a los animales por sexo y por la inclusión o no de información genómica. También se realizó una comparación de las confiabilidades estimadas con las dos metodologías (incluyendo y excluyendo F) para identificar los animales con mayor cambio en la estimación.

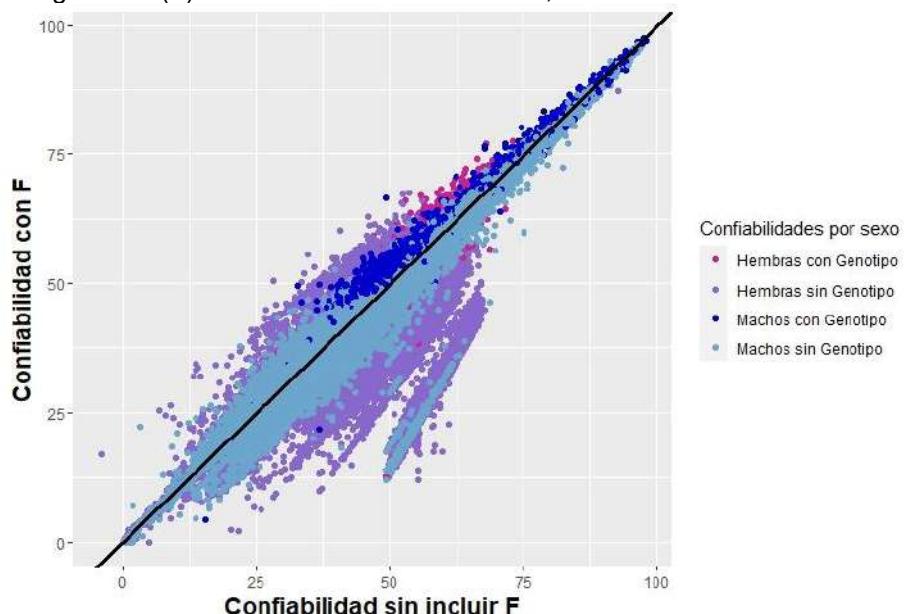
Resultados

Los promedios y las desviaciones estándar para cada estimación de las confiabilidades, incluyendo o excluyendo F se encuentran en el cuadro 1, donde se puede observar que, cuando no se incluye información genómica, el promedio de la confiabilidad para hembras y machos es menor cuando se incluye F en el cálculo que cuando no se incluye. Cuando se incluyen los genotipos, la relación tanto de hembras como de machos es inversa, ya que la confiabilidad estimada promedio que incluye F presentó mayores promedios y en el caso de las hembras menor desviación estándar.

Cuadro 1. Promedios y desviaciones estándar de las confiabilidades de valores genéticos y genómicos incluyendo o no en la estimación de la consanguinidad (F), agrupando a los animales por sexo.

Genotipo	Sexo	Observaciones	Confiabilidad sin F		Confiabilidad con F	
			Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
No	M	16513	38.11	20.73	35.3	20.58
No	F	443109	47.25	10.53	39.77	9.87
Si	M	621	62.51	16.93	65.38	15.39
Si	F	9001	60.57	6.93	61.67	8.06

Gráfica 1. Relación de las confiabilidades de los valores genéticos y genómicos estimados, incluyendo o no el valor de consanguinidad (F) de cada animal en su cálculo, considerando el sexo de estos.



La correlación entre las confiabilidades de valores genéticos y genómicos, usando y excluyendo el valor de F presentaron valores de medios a altos; por ejemplo, para las hembras, las correlaciones de las

confiabilidades de valores genómicos fueron de 0.90; mientras que la de valores genéticos fue de 0.66. En el caso de los machos, las correlaciones entre las confiabilidades de valores genómicos fueron de 0.99 y las de valores genéticos de 0.94. La relación entre ambos valores de confiabilidad se puede observar en la gráfica 1, viendo diferencias por el sexo y si los animales contaron o no información genómica.

Discusión

Para la estimación de los valores genéticos o genómicos y sus confiabilidades es necesaria la construcción de la matriz de relaciones aditivas, representadas por las matrices A, G ó H, dependiendo de la información que se utilice como es la de pedigrí, genómica o la combinación de ambas, matriz en las que se representa la relación de un individuo consigo mismo, que es $1+F$. Por cuestiones metodológicas, no se había considerado en los cálculos de las confiabilidades el valor de F, y en el 2019 se propuso un ajuste en la metodología para poder incorporarla (Aguilar et al., 2019). En otras poblaciones, se ha observado que la inclusión del coeficiente de consanguinidad en el cálculo de la confiabilidad ayuda a mejorar las predicciones, evitando sobre o subestimar las confiabilidades. El impacto que éste ajuste pueda tener en la población, va a depender del nivel de consanguinidad de cada individuo y se verá el efecto general en la población, dependiendo de la fuente de información que se use para estimar. Por ejemplo, en los machos genotipados el cambio en la confiabilidad fue bajo, debido a que el uso de información de pedigrí y la genómica habían contribuido en la estimación de $Var(u)$; sin embargo, en el caso de las hembras sin genotipo el cambio fue mayor, por el menor grado de parentesco con otros individuos en la población y porque no se contó con información genómica para poder estimar las relaciones genéticas aditivas. En lo observado en la población Holstein de México, se pudo ver que cuando se cuenta con información más confiable (como es el caso de información genómica), se tiene una ganancia en las confiabilidades de 1 a 3 puntos porcentuales; sin embargo, cuando se tiene sólo información de pedigrí las confiabilidades parecen haber disminuido, o se puede entender que se habían sobreestimado.

Conclusiones

La inclusión de F en la estimación de las confiabilidades de los valores genómicos tuvo efectos positivos en la población, aunque la correlación entre las confiabilidades usando o no F fueron altas. En el caso de las confiabilidades de los valores genéticos, ayudó a no sobreestimar estos valores.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Asociación Holstein de México por la información proporcionada.

Referencias bibliográficas

1. Aguilar, I., Fernandez, E. N., Blasco, A., Ravagnolo, O., & Legarra, A. (2020). Effects of ignoring inbreeding in model-based accuracy for BLUP and SSGBLUP. *Journal of animal breeding and genetics*, 137(4), 356-364.
2. Henderson, B. D. (1984). The application and misapplication of the experience curve. *Journal of Business Strategy*, 4(3), 3-9.
3. Misztal, I., S. Tsuruta, D. A. L. Lourenco, Y. Masuda, I. Aguilar, A. Legarra, Z. Vitezica. 2018. Manual for BLUPF90 family programs. University of Georgia.Pryce, J. E., Gonzalez-Recio, O., Nieuwhof, G., Wales, W. J., Coffey, M. P., Hayes, B. J., & Goddard, M. E. (2015). Hot topic: Definition and implementation of a breeding value for feed efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7340-7350.

PRODUCCIÓN DE ZÁNGANOS EN COLONIAS DE ABEJAS CON MANEJO Y SIN MANEJO PARA ESTIMULAR LA PRODUCCIÓN DE ZÁNGANOS.

Francisco Javier Ramírez-Ramírez^{1*}, Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco¹, Claudia García-Figueroa¹, Laura Yavarik Alvarado-Avila¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

*Autor para correspondencia: ramirez.javier@jinifap.gob.mx

Palabras clave: Abejas melíferas, producción de zánganos, manejo apícola

Introducción

Las reinas y los zánganos son las castas especializadas en la reproducción de las abejas melíferas. Cuando las reinas y los zánganos maduran sexualmente, realizan vuelos de apareamiento, dirigiéndose a áreas geográficas específicas denominadas zonas de congregación, en donde confluyen reinas vírgenes y zánganos de las colonias de abejas que se encuentran en un radio de hasta 5 km.

El apareamiento entre la reina y el zángano ocurre durante el vuelo, cuando el zángano se posiciona en la región dorsal de la reina y la sujeta con los tres pares de patas, la reina abre la cámara del agujón permitiendo la entrada del endófalo del zángano y, una vez que éste eyacula, se separa de la reina quedando parte del endófalo dentro de la vagina y el zángano muere (Winston, 1991).

Las abejas melíferas son poliándricas, las reinas se aparean con varios zánganos en un periodo específico de su vida y almacenan el semen de los zánganos en la espermateca, en donde lo mantienen viable para utilizarlo posteriormente para fecundar los huevos que ponen durante su vida.

Debido a que los apareamientos entre reinas y zánganos ocurren durante el vuelo en las zonas de congregación, uno de los principales problemas que se enfrenta al establecer programas de mejoramiento genético en abejas, es el control de los apareamientos. Se ha propuesto que al saturar el ambiente en el que se aparean las abejas reinas con zánganos seleccionados se puede ejercer control sobre los apareamientos; sin embargo, no existen suficientes datos científicos que permitan saber si esto funciona. En forma natural, las colonias de abejas crían zánganos durante la época de floración, y el número de éstos depende del tamaño de la población de abejas en la colonia y de la disponibilidad de alimento, por lo que, a través del manejo, es posible estimular a las colonias de abejas para la producción de zánganos, proporcionándoles espacio en la colmena y un flujo abundante y constante de alimento.

Para saturar las zonas de congregación con zánganos seleccionados, es necesario que las colonias de abejas produzcan zánganos de forma masiva, por lo que es importante determinar el efecto que tiene estimular a las colonias para la producción de zánganos a través del manejo sobre la producción total de zánganos.

Objetivo

Estimar y comparar la producción de zánganos en colonias de abejas que reciben manejo para estimular la producción de zánganos y colonias que no reciben ningún tipo de manejo para estimular la producción de zánganos.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de este estudio se utilizaron 43 colonias de abejas de origen europeo ubicadas en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Ajuchitlán, Querétaro. El estudio se llevó a cabo durante los meses de febrero, marzo y abril, que es una de las épocas del año en que las colonias producen zánganos en forma natural en la zona donde se realizó el estudio.

Las colonias ($N=43$) se dividieron en dos grupos experimentales, en el primer grupo ($n=23$) las colonias no recibieron ningún manejo para estimular la producción de zánganos, en este grupo de colonias la producción de zánganos se llevó a cabo en forma natural, mientras que en el segundo grupo ($n=20$) las colonias recibieron manejo para estimular la producción de zánganos, que consistió en proporcionar un litro de jarabe de azúcar con una relación 1:1 de azúcar y agua una vez a la semana, y 200g de alimento proteico comercial Nutra® cada 15 días. Todas las colonias recibieron el mismo manejo apícola durante el

desarrollo del estudio y tuvieron el mismo tamaño, todas las colonias experimentales estuvieron formadas por ocho bastidores de cámara de cría cubiertos con abejas obreras, seis bastidores con cría, dos bastidores con alimento y dos alzas.

El estudio inicio cuando se empezó a proporcionar el jarabe de azúcar y alimento proteico a las abejas del grupo de colonias que recibió el manejo para estimular la producción de zánganos. Treinta días después, en cada una de las 43 colonias experimentales, se introdujeron dos bastidores con panal de celdas para cría de zángano en el centro de la cámara de cría. Para cuantificar la producción de zánganos de las colonias, se realizaron dos muestreos, el primero 24 días después de que se introdujeron los bastidores con panal con celdas para cría de zángano y el segundo a los 48 días de que se introdujeron los bastidores. En cada muestreo se tomaron fotografías de ambos lados de los dos bastidores con panal de celdas para cría de zángano de cada colonia.

Las fotografías se analizaron, contando para cada colonia el número de celdas de zángano con cría abierta y el número de celdas con cría operculada presentes en cada muestreo. El número de zánganos que produjo cada colonia se estimó a partir del número total de celdas con cría de zángano de cada colonia, considerando un porcentaje de viabilidad de la cría del 96% (Page y Metcalf, 1982).

Para determinar si hubo diferencias en la cantidad de zánganos que produjeron las colonias de abejas que recibieron el manejo para estimular la producción de zánganos y las colonias que no recibieron el manejo, los datos se analizaron por medio de una prueba de t de Student.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias en la cantidad de zánganos que produjeron las colonias de abejas que recibieron el manejo para estimular la producción de zánganos ($n=20$) y las colonias de abejas que no recibieron manejo ($n=23$) ($t=-5.138$, $gl=41$, $P<0.01$) (Figura 1).

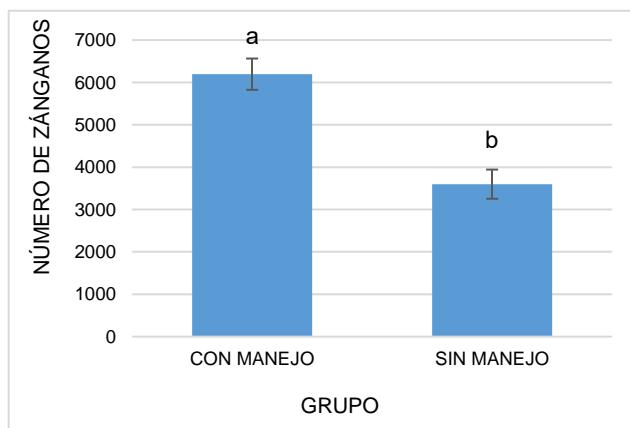


Figura 1. Producción promedio de zánganos por colonia en colonias de abejas que recibieron manejo para estimular la producción de zánganos y colonias que no recibieron manejo para estimular la producción de zánganos. Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos con base en una prueba t de Student ($P<0.01$).

Las colonias que recibieron el manejo para estimular la producción de zánganos produjeron en promedio 6194.45 ± 369.54 zánganos durante el periodo de estudio, con un rango que va de 4411 a 9195 zánganos por colonia, mientras que las colonias que no recibieron el manejo produjeron en promedio 3598.35 ± 344.60 zánganos, con un rango que va de 689 a 8832 zánganos por colonia.

Los resultados de este estudio indican que las colonias de abejas producen una mayor cantidad de zánganos cuando reciben manejo para estimular la producción de zánganos que cuando no reciben ningún tipo de manejo con este fin. Las colonias que recibieron manejo para estimular la producción de zánganos produjeron en promedio 70% más zánganos que las colonias que no recibieron estímulo.

Conclusiones

Cuando las colonias de abejas reciben manejo para estimular la producción de zánganos producen significativamente más zánganos que cuando los producen en forma natural. El manejo para estimular la producción de zánganos puede incrementar la producción de zánganos de las colonias en un 70% en promedio.

Referencias bibliográficas

1. Allen MD. Drone production in honey-bee colonies (*Apis mellifera* L.). *Nature*, 1963; 199:789-790.
2. Boes KE. Honeybee colony drone production and maintenance in accordance with environmental factors: an interplay of queen and worker decisions. *Insectes Sociaux*, 2010;57:1-9.
3. Free JB, Williams IH. Factors determining the rearing and rejection of drones by the honeybee colony. *Animal Behavior*, 1975;23:650-675.
4. Page RE, Metcalf RA. Multiple mating, sperm utilization and social evolution. *The American Naturalist*, 1982;119:263-281.
5. Winston ML. *The biology of the honey bee*. Harvard University Press. 1991.

RELACIÓN ENTRE DOS MÉTODOS PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO DE ACICALAMIENTO DE LAS ABEJAS MELÍFERAS.

Claudia García-Figueroa^{1*}, Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco¹, Francisco Javier Ramírez-Ramírez¹, Ana Eugenia González-Espinosa¹, Laura Yavarik Alvarado-Avila¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

*Autora para correspondencia: garcia.claudia@inifap.gob.mx

Palabras clave: Abejas melíferas, comportamiento de acicalamiento, mejoramiento genético.

Introducción

La varroosis es el principal problema sanitario que enfrenta la actividad apícola en México, esta enfermedad es una parasitosis externa provocada por el ácaro *Varroa destructor*, que es un parásito obligado de las abejas que afecta tanto a la cría como a las abejas adultas.

Las abejas tienen mecanismos que les confieren resistencia contra *Varroa destructor*. Un estudio que se llevó a cabo en México, encontró que el comportamiento de acicalamiento es el principal mecanismo involucrado en la resistencia de las colonias al crecimiento poblacional de *Varroa destructor* (Arechavaleta y Guzmán, 2001). Este comportamiento se clasifica en autoacicalamiento y aloacicalamiento, el primero ocurre, cuando una abeja utiliza sus patas y mandíbulas para remover un ácaro de su propio cuerpo, y el segundo ocurre cuando una abeja utiliza sus mandíbulas para remover a un ácaro del cuerpo de otra abeja. A nivel de toda la colonia, el comportamiento de acicalamiento, se mide estimando la proporción de ácaros lesionados por las abejas en relación con el total de ácaros que se recolectan en el piso de la colmena durante un periodo (Moosbeckhofer, 1999), y también se mide estimando la proporción de ácaros que caen durante un periodo de tiempo en relación al total de ácaros presentes en una muestra de abejas de una colonia (Andino y Hunt, 2011).

Es importante contar con métodos que permitan medir con precisión la expresión de este comportamiento para poder seleccionar colonias de abejas de alto comportamiento de acicalamiento, para el desarrollo de programas de mejoramiento genético que busquen generar líneas de abejas resistentes a la varroosis.

Los diferentes métodos que se han desarrollado para evaluar el comportamiento de acicalamiento de las abejas, se utilizan indistintamente, asumiendo que los resultados que se obtienen en cada uno son equivalentes; sin embargo, se desconoce cuál es la relación entre las diferentes formas de medir este comportamiento.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue determinar si existe una relación entre los diferentes métodos que se utilizan para medir el comportamiento de acicalamiento de las abejas.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del estudio se evaluó el comportamiento de acicalamiento de 51 colonias de abejas utilizando dos métodos que miden el comportamiento a nivel de toda la colonia.

Para evaluar el comportamiento de acicalamiento de las colonias se utilizó el método desarrollado por Lodesani *et al.* (1996) (Método 1), en el que el comportamiento de acicalamiento se mide con base a la proporción de ácaros que presentan lesiones en el idiosoma con respecto al total de ácaros que se recuperan del piso de las colonias durante un periodo de tiempo.

En cada una de las colmenas, se colocaron trampas para recolectar a los ácaros que cayeran en el piso de la colmena. Las trampas estaban formadas por un marco de madera, un fondo de madera y una cubierta de malla de alambre que permitió el paso de los ácaros que cayeron, pero no el de las abejas. Entre el fondo y la malla se colocó una cartulina blanca impregnada con vaselina para recolectar a los ácaros.

Las trampas permanecieron en las colonias durante 72 horas, al finalizar este periodo, se recuperaron las cartulinas y se trasladaron al laboratorio para recolectar a los ácaros que cayeron en el piso de las colmenas. Los ácaros que se recuperaron de cada colonia se clasificaron en maduros e inmaduros. Los ácaros maduros se observaron utilizando un microscopio estereoscópico y se clasificaron en ácaros sin

lesiones y ácaros con lesiones en el idiosoma. Se estimó la proporción de ácaros con lesiones en el idiosoma, dividiendo el número de ácaros que presentaron lesiones en el idiosoma entre el número total de ácaros maduros que se recolectaron de cada colonia.

De igual forma, para evaluar el comportamiento de acicalamiento de las colonias se utilizó el método diseñado por Andino y Hunt (2011) con algunas modificaciones (García-Figueroa *et al.*, 2022) (Método 2), en el que el comportamiento de acicalamiento se mide con base a la proporción de ácaros que caen de las abejas durante un periodo de tiempo con respecto al total de ácaros presentes en las abejas.

Se utilizaron portanúcleos de madera, que en el piso y en la tapa tenían una malla metálica, la malla metálica del piso permitía el paso de los ácaros que cayeran, pero no el de las abejas. De cada colonia se tomaron dos bastidores con cría que estuvieran cubiertos con abejas y dos bastidores con alimento que no tuvieran cría, para formar los núcleos, se sacudieron dentro del portanúcleos a las abejas obreras que estaban sobre los bastidores con cría y posteriormente se introdujeron los dos bastidores con alimento que no tenían cría.

Los portanúcleos se transportaron al laboratorio y se colocaron sobre dos bases de madera y debajo de cada uno se colocó una cartulina blanca impregnada con vaselina para recolectar los ácaros que cayeran de las abejas durante 72 horas.

Al finalizar las 72 horas, se recogieron las cartulinas que estaban debajo de los portanúcleos para recuperar a los ácaros que cayeron y cada portanúcleo se introdujo en una caja de plástico hermética que tenía una cartulina blanca en el fondo. Dentro de la caja, las abejas se expusieron a dióxido de carbono para anestesiárlas. Una vez que las abejas estuvieron anestesiadas, se sacudió el portanúcleos sobre la cartulina blanca dentro de la caja con el fin de recuperar los ácaros que aún permanecían sobre las abejas, los ácaros que cayeron sobre la cartulina se recuperaron utilizando un pincel.

Se estimó la proporción de ácaros que cayeron durante las 72 horas en relación con el total de ácaros presentes en las abejas, dividiendo el número de ácaros que cayeron durante las 72 horas entre la suma del número de ácaros que se recuperaron al sacudir las abejas anestesiadas y los ácaros que cayeron durante las 72 horas, es decir, el total de ácaros que se encontraban sobre las abejas.

Con base en los resultados que se obtuvieron en el Método 1, las 51 colonias se ordenaron de mayor a menor y se les asignó un valor del 1 al 51 de acuerdo a la posición que ocuparon en el orden. De la misma forma, con base en los resultados que se obtuvieron en el Método 2, las 51 colonias se ordenaron de mayor a menor, se les asignó un valor del 1 al 51 de acuerdo a la posición que ocuparon en el orden.

Para determinar si existe una relación entre los resultados que arrojan los dos métodos, se realizó un análisis de correlación de Spearman, utilizando los valores de la posición que ocupó cada colonia en el orden generado por cada uno de los dos métodos.

Resultados y discusión

En el Método 1 se encontró que del total de ácaros maduros que se recuperaron ($n=1396$) de las 51 colonias, el 69.13% presentó lesiones en el idiosoma ($n=965$) y el 30.87% no presentó lesiones ($n=431$). En las 51 colonias, el porcentaje promedio por colonia de ácaros con lesiones en el idiosoma fue $74.00 \pm 14.96\%$, con un rango que fue de 0% a 100%.

En el caso del Método 2, en las 51 colonias incluidas en el estudio, el porcentaje promedio de ácaros que las abejas removieron durante la prueba fue de $51.19 \pm 35.83\%$, el porcentaje mínimo fue de 0% y el máximo de 100%.

Con base en la posición que ocuparon las colonias en el orden que se generó de acuerdo al resultado que obtuvo cada colonia en cada uno de los métodos, no se encontró que exista una correlación en los resultados que arrojan los dos métodos para evaluar el comportamiento de acicalamiento ($r = -0.0761$; $n=51$; $P>0.05$).

Si bien los dos métodos son útiles para medir el comportamiento de acicalamiento de las abejas, es probable que la falta de correlación en los resultados que arrojan al evaluar las colonias, pueda deberse a que cada uno de los métodos esté evaluando diferentes componentes del comportamiento de acicalamiento.

El Método 1 mide la proporción de ácaros que presentan lesiones con respecto al total de ácaros que se recolectan en el piso de la colmena durante un periodo de tiempo, lo que está relacionado con el uso de las mandíbulas para remover a los ácaros, por lo que el Método 1 mide principalmente el comportamiento de aloacicalamiento de las abejas de una colonia.

El Método 2 mide la proporción de ácaros que caen en el fondo de los núcleos durante un periodo de tiempo, con respecto al total de ácaros que se encuentran sobre las abejas incluidas en la prueba. En este

método, los ácaros que caen de las abejas, incluyen a los ácaros que las abejas remueven de sus propios cuerpos utilizando las patas y las mandíbulas en el autoacicalamiento, los ácaros que las abejas remueven de otras abejas utilizando las mandíbulas en el aloacicalamiento y los ácaros que caen en forma natural de las abejas sin que las abejas los remuevan por medio del comportamiento de acicalamiento. Por lo tanto, el Método 2 mide tanto el comportamiento de autoacicalamiento como el comportamiento de aloacicalamiento de las abejas de una colonia, pero presenta el problema de que no se puede diferenciar a los ácaros que caen de las abejas de forma natural de aquellos que caen por efecto del comportamiento de acicalamiento de las abejas.

Conclusiones

Los dos métodos que se utilizaron para evaluar la expresión del comportamiento de acicalamiento en este estudio no se deben utilizar indistintamente, se debe considerar el componente del comportamiento de acicalamiento de las abejas que se busque medir para seleccionar el mejor método de evaluación. Es importante tomar esto en cuenta al momento de utilizar alguno de estos métodos para seleccionar colonias de abejas de alto comportamiento de acicalamiento.

Referencias bibliográficas

1. Andino GK, Hunt GJ. A scientific note on a new assay to measure honeybee mite grooming behavior. Apidologie 2011. 42(4): 481-484.
2. Arechavaleta-VME, Guzmán-NE. Relative effect of four characteristics that restrain the population growth of the mite *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. Apidologie 2001. 32:157-174.
3. Boecking O, Spivak M. Behavioral Defenses of Honey Bees against *Varroa Jacobsoni* Oud. Apidologie 1999.
4. García-Figueroa C, Alvarado-Avila L, Javier Ramírez-Ramírez F, Montaño-Bermúdez M, Arechavaleta-Velasco M. Evaluación De Un Método De Laboratorio Simplificado Para Medir La Expresión Del Comportamiento De Acicalamiento De Las Abejas Melíferas. En: Memoria. LVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Villahermosa, Tabasco; 2022. 333–5.
5. Lodesani M, Vecchi A, Tommasini S, Bigiardi M. A study on different kinds of damage to *Varroa jacobsoni* in *Apis mellifera ligustica* colonies. Journal of Apicultural Research 1996;35(2):49-56.
6. Moosbeckhofer R. Beobachtungen Zum Auftreten Beschädigter Varroamilben Im Natürlichen Totenfall Bei Völkern. Apidologie 1992.

PRODUCCIÓN DE ZÁNGANOS EN COLONIAS DE ABEJAS DE ORIGEN GENÉTICO EUROPEO Y DE ORIGEN GENÉTICO AFRICANIZADO.

Claudia García-Figueroa^{1*}, Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco¹, Francisco Javier Ramírez-Ramírez¹, Laura Yavarik Alvarado-Avila¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

*Autora para correspondencia: garcia.claudia@inifap.gob.mx

Palabras clave: Abejas melíferas, zánganos, origen genético.

Introducción

Las reinas y los zánganos son las castas de las abejas melíferas especializadas en la reproducción. Los zánganos son individuos haploides que se generan por partenogénesis a partir de huevos no fertilizados, tardan 24 días en desarrollarse desde huevo hasta insecto adulto y alcanzan la madurez sexual cuando tienen entre ocho y doce días de ser insectos adultos.

Las colonias de abejas crían zánganos durante la época de floración y el número de éstos depende principalmente del tamaño de la población de abejas en la colonia y de la disponibilidad de alimento.

Existen estudios que reportan que las colonias de abejas de origen genético africanizado producen en promedio más zánganos que las colonias de origen genético europeo, un estudio que se llevó a cabo en Costa Rica reportó que durante la temporada de lluvias y durante la temporada seca, las colonias de abejas de origen africanizado produjeron en promedio mayor cantidad de zánganos que las colonias de origen europeo (Spivak, 1992), otro estudio que se realizó en Venezuela reportó que las colonias de origen africanizado produjeron en promedio más zánganos que las colonias de origen europeo durante la época de floración (Rinderer *et al.*, 1987).

Sin embargo, existen otros estudios que indican que las colonias de origen genético europeo y las colonias de origen genético africanizado producen la misma cantidad de zánganos, un estudio que se realizó en México, en la península de Yucatán, encontró que no hubo diferencias en la producción de zánganos entre colonias europeas y africanizadas a lo largo de un año (Echazarreta y Paxton 1997).

El proceso de africanización de las poblaciones de abejas se ha estudiado desde varias perspectivas, tratando de comprender cómo ocurrió el reemplazo de los genotipos europeos por los africanizados. Si las colonias de abejas africanizadas producen mayor cantidad de zánganos que las colonias de origen europeo, esto podría explicar parcialmente porqué el genotipo africanizado se conservó con mayor frecuencia que el genotipo europeo en las poblaciones durante el proceso de africanización.

Objetivo

Estimar y comparar la producción de zánganos en colonias de abejas de origen genético europeo y en colonias de origen genético africanizado durante la época del año en que las colonias producen zánganos en forma natural.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del estudio se utilizaron 16 colonias de abejas, ocho de origen europeo y ocho de origen africanizado que se ubicaron en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Ajuchitlán, Querétaro.

El estudio se llevó a cabo durante los meses de agosto a septiembre, que es una de las dos épocas del año en que las colonias producen zánganos en forma natural en la zona donde se realizó el estudio. Las colonias recibieron el mismo manejo apícola previo y durante el desarrollo del estudio y todas tuvieron el mismo tamaño, las colonias experimentales estuvieron formadas por ocho bastidores de cámara de cría cubiertos con abejas obreras, seis bastidores con cría, dos bastidores con alimento y dos alzas.

Al inicio del estudio, se introdujo un bastidor con panal de celdas para cría de zángano en el centro de la cámara de cría de cada colonia. Para cuantificar la producción de zánganos de las 16 colonias, se realizaron dos muestreos, el primero 24 días después de que se introdujo el bastidor con panal con celdas para cría de zángano y el segundo a los 48 días de que se introdujo el bastidor. En cada muestreo se tomaron fotografías de ambos lados del bastidor con panal de celdas para cría de zángano de cada colonia.

Las fotografías se analizaron posteriormente, contando para cada colonia, el número de celdas de zángano con cría abierta y el número de celdas con cría operculada presentes en cada muestreo. El número de zánganos que produjo cada colonia se estimó a partir del número total de celdas con cría de zángano de cada colonia, considerando un porcentaje de viabilidad de 96% para la cría de zángano (Page y Metcalf, 1982).

Para determinar si existieron diferencias en la cantidad de zánganos que produjeron las colonias de abejas de origen europeo y las colonias de abejas de origen africanizado, los datos se analizaron por medio de una prueba de t de Student.

Resultados y discusión

No se encontraron diferencias en la cantidad de zánganos que produjeron las colonias de origen genético europeo y la cantidad de zánganos que produjeron las colonias de origen genético africanizado ($t=0.318$, $gl=14$, $P>0.05$), las colonias europeas produjeron en promedio 3682.75 ± 825.36 zánganos por colonia, mientras que las colonias africanizadas produjeron en promedio 3991.25 ± 510.04 zánganos por colonia (Figura 1).

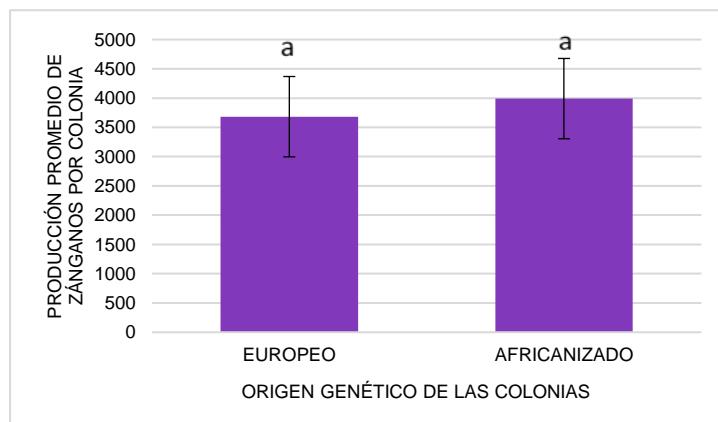


Figura 1. Producción promedio de zánganos por colonia en colonias de abejas de origen europeo y de origen africanizado durante los meses de agosto y septiembre. Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos con base en una prueba t de Student ($P<0.05$).

Durante el periodo de estudio, la producción total de zánganos de las ocho colonias de origen europeo fue de 29,462 zánganos, con un rango en la producción por colonia que va de 1965 a 8832 zánganos, mientras que la producción total de zánganos de las ocho colonias de origen africanizado fue de 31930 zánganos, con un rango en la producción por colonia que va de 1482 a 6048 zánganos.

Los resultados indican, que las colonias de abejas de origen europeo y africanizado produjeron una cantidad similar de zánganos durante la época del año en que las colonias producen zánganos en forma natural. Esto coincide con el estudio que realizaron Echazarreta y Paxton (1997) quienes reportaron que no hubo diferencias entre la producción promedio de zánganos durante un año en las colonias de abejas de origen europeo y las colonias de origen africanizado en las condiciones de la Península de Yucatán. Sin embargo, los resultados de este estudio difieren de lo que reporta otro estudio, en el que se observó que la producción promedio de zánganos durante la época de floración fue mayor en las colonias de abejas de origen africanizado que en las colonias de origen europeo (Rinderer *et al.*, 1987); y de los resultados de otro estudio en el que se observó que la producción promedio de zánganos durante la temporada de lluvias y durante la temporada seca también fue mayor en las colonias de origen africanizado que en las colonias de origen europeo (Spivak, 1992).

Conclusiones

El origen genético europeo o africanizado de las colonias de abejas no influye sobre la cantidad de zánganos que producen durante la época del año en que las colonias producen zánganos en forma natural.

Referencias bibliográficas

1. Allen MD. Drone production in honey-bee colonies (*Apis mellifera* L.). *Nature*, 1963; 199:789-790.
2. Echazarreta CM, Paxton RJ. Comparative colony development of Africanized and European honey bees (*Apis mellifera*) in lowland neotropical Yucatan, Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 1997;36:2,89-103.
3. Page RE, Metcalf RA. Multiple mating, sperm utilization and social evolution. *The American Naturalist*, 1982;119:263-281.
4. Rinderer TE, Collins AM, Hellmich RL, Danka RG, Spencer R. Differential drone production by Africanized and European honey bee colonies. *Apidologie*, 1987;18(1):61-68.
5. Spivak M. The relative success of Africanized and European honey-bees over a range of life-zones in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology*, 1992;29(1):150-162.

EFFECTO DE LA EDAD DE LAS ABEJAS SOBRE LA EXPRESIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ACICALAMIENTO.

Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco^{1*}, Claudia García-Figueroa¹, Francisco Javier Ramírez-Ramírez¹, Pablo Juri², Edgar Solís Trejo¹, Laura Yavarik Alvarado-Avila¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

²Facultad de Veterinaria – Universidad de la República, Uruguay

*Autor para correspondencia: arechavaleta.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Abejas melíferas, comportamiento de acicalamiento, edad.

Introducción

El ácaro *Varroa destructor* es el principal problema sanitario que enfrente la apicultura en el mundo. Las abejas tienen mecanismos que les confieren resistencia contra este ácaro. Un estudio que se llevó a cabo en México reporta que el comportamiento de acicalamiento es el principal mecanismo involucrado en la resistencia de las colonias al crecimiento poblacional de *Varroa destructor*.

El comportamiento de acicalamiento tiene origen genético, se sabe que su expresión se debe a genes con efectos genéticos aditivos, y la heredabilidad de la característica se ha estimado en un rango de 0.16 a 0.71. En un estudio que se realizó en México se identificó un loci de rasgos cuantitativos (QTL), denominado *groom-1*, en el cromosoma 5 del genoma de la abeja para el comportamiento de acicalamiento. Dentro de la región correspondiente al intervalo de confianza al 95% para la ubicación del QTL se identificaron 27 genes reportados en el Honeybee genome database. Uno de estos genes es el gen *neurexin-1*, los ortólogos de este gen están relacionados al autismo y la esquizofrenia en humanos, a la formación de sinapsis y aprendizaje por asociación en *Drosophila* y *Aplysia* y al comportamiento de acicalamiento en ratones (Arechavaleta-Velasco *et al.*, 2012).

Las abejas melíferas presentan una división de las actividades basada en la edad, esto se conoce como polietismo temporal. Las abejas más jóvenes realizan actividades dentro de la colmena que se van modificando conforme avanza su edad, mientras que las abejas de más edad realizan actividades fuera de la colmena. Todas las actividades que realizan las abejas melíferas están determinadas por su edad, incluso se ha observado un efecto de la edad sobre algunas características del sistema inmune y sobre la expresión del comportamiento higiénico (Panasiuk *et al.*, 2010; Scannapieco *et al.*, 2016).

Existen dos estudios que reportan que la expresión del comportamiento de acicalamiento es mayor en abejas más jóvenes; sin embargo, estos estudios se han realizado uno con abejas de hasta dos semanas de edad (Russo *et al.*, 2022) y el otro con abejas de hasta de tres semanas de edad (Dadoun *et al.*, 2020). Conocer el efecto de la edad sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento, permitirá diseñar mejores estrategias para evaluar la expresión de esta característica, para seleccionar de manera más precisa colonias de abejas de alto comportamiento de acicalamiento para el desarrollo de programas de mejoramiento genético que busquen generar abejas resistentes a *Varroa destructor*.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue determinar si existe un efecto de la edad de las abejas sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del estudio se evaluó el comportamiento de acicalamiento de 315 abejas obreras utilizando un método que mide el comportamiento a nivel de abejas individuales.

Para identificar la edad de las abejas, se obtuvieron tres bastidores con abejas obreras a punto de emergir que se introdujeron en una incubadora a 36°C con la finalidad de que las abejas emergieran en un ambiente controlado, las abejas recién emergidas se marcaron sobre el tórax con pintura de aceite, una vez marcadas, las abejas se regresaron a su colmena.

La evaluación del comportamiento de acicalamiento se realizó cuando las abejas tenían una, tres y cinco semanas de edad.

Para medir el comportamiento de acicalamiento se utilizó un panal de observación, elaborado con un bastidor de alza con cera estampada, cubierto por un panel de acrílico. Cada abeja se introdujo dentro del

panel de observación y, con un pincel, se le colocó un ácaro vivo sobre el tórax. Con ayuda de un cronómetro, se midió el tiempo que le tomó a cada abeja expresar el comportamiento de acicalamiento después de colocar el ácaro sobre su cuerpo.

Utilizando los registros individuales de las abejas que se evaluaron de cada colonia, se obtuvo el tiempo promedio en que las abejas de cada edad reaccionaron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocarles un ácaro sobre el cuerpo.

Para determinar si existe un efecto de la edad de las abejas obreras sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento, los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza bajo un modelo lineal simple. Para identificar diferencias entre las medias de los grupos se utilizó una prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Se encontró que existe un efecto de la edad de las abejas sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento. Se encontraron diferencias en el tiempo promedio en que las abejas reaccionaron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocarles un ácaro sobre el cuerpo entre las abejas de las tres edades que se incluyeron en el estudio ($F=12.2037$, $gl=2,312$, $P<0.01$).

Las abejas de cinco semanas de edad tuvieron un tiempo promedio de reacción menor que las abejas de una y tres semanas de edad ($P<0.05$), no hubo diferencias en el tiempo promedio de reacción de las abejas de tres semanas y una semana de edad ($P>0.05$).

Las abejas de una semana de edad ($n=113$) tuvieron un tiempo promedio de reacción de 35.96 ± 2.97 segundos, las abejas de tres semanas de edad ($n=109$) tuvieron un tiempo promedio de reacción de 45.29 ± 3.03 segundos, y las abejas de cinco semanas de edad ($n=93$) tuvieron un tiempo promedio de reacción de 23.32 ± 3.27 segundos (Figura 1).

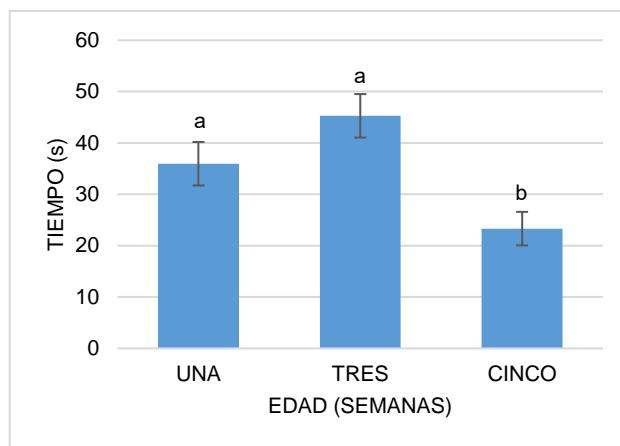


Figura 1. Tiempo promedio en que las abejas de una, tres y cinco semanas de edad reaccionaron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocarles un ácaro sobre el cuerpo. Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos con base en un análisis de varianza y una prueba Tukey ($P<0.05$).

Los resultados de este estudio indican que las abejas de cinco semanas de edad tardan menos tiempo en reaccionar expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocarles un ácaro sobre el cuerpo. Esto coincide con un estudio en el que se determinó que el comportamiento de acicalamiento es un comportamiento especializado que las abejas mejoran gradualmente conforme avanza su edad (Moore *et al.*, 1995).

Por otro lado, estos resultados difieren de lo que reportan Russo *et al.* (2022) quienes evaluaron abejas de seis, diez y catorce días de edad y observaron que las abejas más jóvenes tenían una mayor expresión del comportamiento de acicalamiento que las abejas de mayor edad. Los resultados también difieren de lo que

reportan Dadoun *et al.* (2020), quienes observaron que las abejas más jóvenes presentaban una mayor expresión del comportamiento de acicalamiento que las abejas de 21 días de edad.

Conclusiones

La edad de las abejas tiene un efecto sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento. Las abejas de cinco semanas de edad, expresan con mayor rapidez el comportamiento de acicalamiento después de colocarles un ácaro sobre el cuerpo que las abejas más jóvenes.

La edad de las abejas es una variable que se debe considerar al medir la expresión del comportamiento de acicalamiento a nivel de abejas individuales con el fin de caracterizar a las colonias de abejas con mayor precisión al momento de establecer un programa de mejoramiento genético.

Referencias bibliográficas

1. Arechavaleta-Velasco ME, Alcalá-Escamilla K, Robles-Ríos C, Tsuruda JM, Hunt GJ (2012) Fine-Scale Linkage Mapping Reveals a Small Set of Candidate Genes Influencing Honey Bee Grooming Behavior in Response to Varroa Mites. *PLoS ONE* 7(11): e47269. doi:10.1371/journal.pone.0047269.
2. Dadoun N, Nait-Mouloud M, Mohammedi A, Zennouche OS. (2020) Differences in grooming behavior between susceptible and resistant honey bee colonies after 13 years of natural selection. *Apidologie* 51:793-801.
3. Moore D, Angel JE, Cheeseman IM, Robinson GE, Fahrbach SE (1995) A highly specialized social grooming honey bee (Hymenoptera: Apidae). *J Insect Behav* 8:855–861.
4. Panasiuk B, Skowronek W, Bieńkowska M, Gerula D, Węgrzynowicz P (2010) Age of worker bees performing hygienic behaviour in honeybee colony. *J Apic Sci* 54:109–115.
5. Russo RM, Landi L, Muntaabski I, Liendo MC, Pietronave H, Merke J, Rodríguez GA, Palacio MA, Basilio A, Lanzavecchia SB, Scannapiede AC. (2022) Age-performance and intensity of grooming behavior toward *Varroa destructor* in resistant and susceptible *Apis mellifera* colonies. *Apidologie* 53:59.
6. Scannapieco AC, Lanzavecchia SB, Parreno MA, Liendo MC, Cladera JL, Spivak M, Palacio MA (2016) Individual precocity, temporal persistence, and task-specialization of hygienic bees from selected colonies of *Apis mellifera*. *Journal Apic Sci* 60(1):63–74.

RELACIÓN GENÓMICA Y ESTRUCTURA GENÉTICA DE POBLACIONES DE CERDOS CRIOLLOS DE MÉXICO.

Carlos Alfonso Castro-Roca^{1*}; Adelfa Del Carmen García-Contreras²; Yasmin Guadalupe De Loera-Ortega¹; Hugo Oswaldo Toledo-Alvarado³

¹.Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, FES-C UNAM, Edo. Méx. México.

².Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, UAM-Xochimilco, CDMX, México.

³.Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.

*Autor para correspondencia: carloscastror.mvz@gmail.com

Palabras clave: Genómica, genética, cerdos criollos, México.

Introducción

En México la producción de carne de cerdo durante el año 2022 fue de 1,730,316 toneladas, significando un aumento del 4.2 % con respecto al año de 2021 y situándose en segunda posición a nivel nacional de consumo por debajo de la carne de ave [1]. Esto genera un panorama sobre la importancia, el desarrollo y constante evolución en la industria porcina. Sin embargo, esto denota el enfoque brindado principalmente a la crianza de cerdos comerciales; animales que poseen un alto potencial genético y cuyo origen está concentrado en sistemas de alta densidad [2]. Los animales que son criados en estos sistemas de baja densidad o familiares, en muchos casos se tratan de cerdos con cruzas raciales o criollos locales. Los cerdos criollos endémicos presentan biotipos cuyo origen se remonta a la introducción de animales de granja durante las expediciones al continente americano en el siglo XV desde Europa por parte de los españoles [3]. Los cerdos criollos presentan un bajo rendimiento en características de producción de carne en comparación con líneas comerciales, compensando esto con una alta rusticidad, resiliencia y adaptabilidad. La importancia de estas razas criollas de cerdos, está en función de ser un buen reservorio de diversidad genética, por ello, es fundamental generar programas de conservación y mantenimiento con el fin de conservar la variabilidad genética que existe en estas razas y mejorar sus características productivas para hacer sistemas más rentables [4]. Actualmente se pueden genotipar miles de SNP eficientemente, y es posible llevar a cabo estudios de asociación en animales domésticos para mapear genes para rasgos complejos, como resistencia a enfermedades, rasgos específicos de carácter productivo, y de tipo, usando el desequilibrio de ligamiento que existe entre los marcadores SNP y los genes que controlan el rasgo de interés [5].

Metodología

El muestreo se llevó a cabo en la región del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, en la región de la cuenca del Papaloapan en el estado de Oaxaca y en el estado de Yucatán. Los cerdos criollos que se muestrearon y caracterizan se encuentran en diferentes etapas productivas (gestación, lactancia, destete, crecimiento, desarrollo y finalización). Para la toma de muestras sanguíneas, se trabajó siguiendo las recomendaciones de las Normas Oficiales NOM-051-ZOO-1995 sobre el tratamiento humanitario de animales, y NOM-062-ZOO-1999 de las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. La extracción y genotipado de ADN genómico de las muestras de sangre, se desarrolló con la empresa NEogen (www.neogen.com). Para el genotipado de SNP, se utilizó el chip porcine-GGP-50K que identifica un total de 50,967 SNP (GeneSeek Genomic Profiler Porcine). Se realizó un control de calidad de los genotipos en los que se excluirán los SNP que presenten una tasa de error mendeliana mayor a 0.05, una baja tasa de llamada (>0.1), una baja frecuencia del alelo menor (MAF <0.05), tasas de alta heterocigosidad, y se excluirán los cromosomas sexuales. SNP, abreviatura del Polimorfismo de Nucleótido Único, denota una forma de polimorfismo genético derivado de una mutación en la secuencia del ADN del genoma, precipitada por una alteración nucleotídica solitaria, que puede implicar la sustitución, transversión, inserción, o supresión de una base única. Generalmente, cuando se hace referencia a SNP, el enfoque tiende a ser en polimorfismos bi-alélicos. Es pertinente señalar que las transiciones presentan constantemente tasas de ocurrencia notablemente más altas en comparación con otras categorías, y los SNPs de tipo de transición representan aproximadamente dos tercios del total. Se realizó de la misma forma con los datos seleccionados un heat map con la matriz de relaciones genómicas entre los distintos animales que fueron genotipados. Se descargó una base de datos internacional de genotipos de poblaciones de referencia de las siguientes razas de cerdos: Meishan (China); Criollo cubano

(Cuba); Chato Murciano (España); Iberico (España); Manchado de Jabugo (España); Mangalica (Hungria); Spotted Steppe (Ucrania); Spotted Swine (Estados Unidos); Duroc (Yang *et al.*, 2017). Dicha base de datos se unió a los datos generados a partir de los genotipados obtenidos de cerdos criollos de México. Se desarrolló un diagrama a partir de datos obtenidos por medio de una matriz de relaciones genómicas entre las diversas razas presentes tanto en la base de datos internacional como en la obtenida de cerdos criollos de México. Para estos análisis se usaron 31,612 polimorfismos tipo SNP en común de las bases de datos. El diagrama toma las relaciones genéticas entre los animales y las agrupa, siendo así que entre mayor será la distancia entre los grupos existe una menor relación entre estos.

Resultados y discusión

La evaluación de los genotipados se realizó con base en un control de calidad de los genotipos. El control de calidad de datos SNP se realizó utilizando el lenguaje de programación R. Los controles de calidad incluyeron la detección de SNP no polimorficos < 0.10 y con una MAF (Frecuencia del alelo menor) <0.01. Además, se excluyeron con un control de calidad con base en el GC Score (taza de llamado de los SNP), donde aquellos genes que contenían un GC bajo (umbral 0.25) fueron excluidos, se detectaron 3,783 SNP con bajo GC (umbral de 0.25). Se evaluó el equilibrio Hardy-Weinberg para los marcadores SNP. Se estimaron los call rates por muestra, y se determinó que las muestras correspondientes a los ID 0301 y 249M serán eliminadas con ello la base de datos final tiene 39 muestras con 40,771 SNP. Posteriormente, se realizó la matriz de relaciones genómicas, mostrándose un promedio de relación genética entre los animales del 19 %, excluyendo a los animales que no tienen relación genética. Finalmente se generó el diagrama de relaciones genéticas (Figura 1) en este se observó que cada una de las razas correspondientes a las bases de datos es agrupada de forma definida. Existe una alta relación genética entre razas como Meishan con razas españolas y mangalicas, esto se denota por la corta distancia genética entre estas. La raza Duroc se observa con una agrupación bien definida y alejada de los cerdos criollos mexicanos. En cuanto a los cerdos pelones mexicanos y cuinos, presentan una distancia muy amplia con relación a los animales genotipados para este estudio (UAM), pero se observa una alta relación genética entre ambas razas, el cerdo pelón mexicano también presenta una cercanía genética con el grupo de cerdos de la raza Spotted Steppe de Ucrania; algunos ejemplares de estas razas presentan una cercanía con el grupo de cerdos criollos cubanos. En cuanto a los animales de interés (UAM), podemos observar que existe una distancia genética corta con respecto a los cerdos de razas españolas como lo son los cerdos de la raza Ibéricos y Manchado de Jabugo, sin embargo, presentan una marcada distancia genética con los cerdos Chatos Murcianos provenientes del mismo país. Algunos animales correspondientes al biotipo de Pata de Mula (UAM) presentan una cercanía genética con la raza Spotted Swine de Estados Unidos. Finalmente se puede observar que dentro de la población de cerdos criollos de este estudio (UAM) existe una alta variabilidad genética entre las poblaciones, observándose distancias genéticas entre ellas.

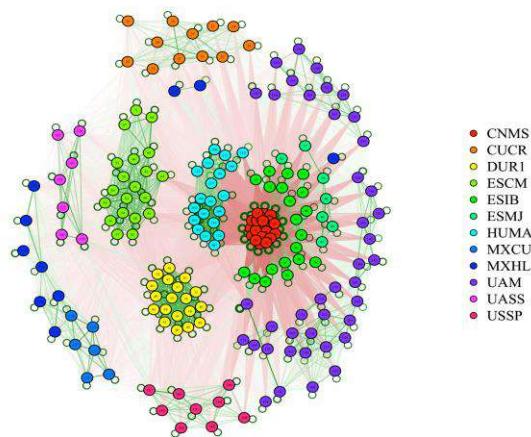


Figura 1. Estructura genética global de poblaciones porcinas en este estudio. CNMS- Meishan; CUCR- Criollo cubano; DUR1- Duroc; ESCM- Chato Murciano; ESIB - Iberico; ESMJ- Manchado de Jabugo;

HUMA- Mangalica; MXCU- Cuino mexicano; MXHL- Pelón Mexicano; UAM- Cerdos criollos mexicanos; UASS- Spotted Steppe; USSP- Spotted Swine.

Conclusiones

Se determinó la relación genética que comparten diversos tipos de biotipos y razas de cerdos criollos de México, siendo este de un 19 %. De igual forma, se generó un diagrama donde se observó la distancia genética entre los biotipos y razas de interés con relación a razas endémicas y comerciales de diversos países. Finalmente se observó una marcada variabilidad genética entre las poblaciones de animales estudiados.

Agradecimientos

El presente trabajo se llevó a cabo con el financiamiento del Proyecto de Incidencia Social Rectoría General UAM.

Agradecimiento al proyecto IPVS “Estudio de asociación genómica, diversidad genética, y estructura poblacional del cerdo T’südi Xirgo de Hidalgo”

Referencias bibliográficas

1. Consejo Mexicano de la Carne. Compendio Estadístico 2023 [Internet]. México, 2023. [Citado el 13 de junio de 2024]. Recuperadora a partir de: www.comecarne.org.
2. Harlizius B, Mathur P, Knol EF. Breeding for resilience: new opportunities in a modern pig breeding program. *J Anim Sci*. 2020 Aug 18;98(Suppl 1):S150-S154. doi: 10.1093/jas/skaa141. PMID: 32810253; PMCID: PMC7433920.
3. Leite DM, Aguiar A, Sousa VA, Loddi MM, Holzmann Mass AP, Warpechowiski M, Zanella R. Phenotypic characterization of Creole swine from the Center-South region of Paraná, Brazil. *ALPA* [Internet]. 2021Jun.25 [citado el 13 de junio de 2024];29(3-4):237-46. Disponible en https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2842.
4. Ocampo-Gallego RJ. Análisis de diversidad genética en cerdo criollo san pedreño utilizando datos de pedigree. *Ecosist. Recur. Agropec.* [Internet]. 2019 May 3 [citado el 13 de junio de 2024];6(17):333-41. Disponible en: <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/2049>.
5. Ateya AI, Ibrahim SS, Al-Sharif MM. Single Nucleotide Polymorphisms, Gene Expression and Economic Evaluation of Parameters Associated with Mastitis Susceptibility in European Cattle Breeds. *Vet Sci*. 2022 Jun 14;9(6):294. doi: 10.3390/vetsci9060294. PMID: 35737346; PMCID: PMC9229636.

EFECTO DEL GRUPO GENÉTICO DE LAS COLONIAS DE ABEJAS SOBRE LA PREVALENCIA DEL VIRUS DE LAS ALAS DEFORMES.

Laura Yavarik Alvarado-Avila^{1*}, Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco¹, Francisco Javier Ramírez-Ramírez¹, Claudia García-Figueroa¹

¹CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

*Autora para correspondencia: alvarado.laura@inifap.gob.mx

Palabras clave: Abejas melíferas, grupo genético, virus de las alas deformes.

Introducción

El virus de las alas deformes es un virus ARN de una sola hebra positiva que afecta la salud de las colonias de abejas melíferas. Pertenece a la familia *Iflaviridae* y al orden *Picornavirales*, y tiene una distribución mundial.

La transmisión del virus de las alas deformes se da forma horizontal, vertical, y principalmente de forma vectorial a través del ácaro *Varroa destructor*. Cuando el virus se transmite de forma horizontal o vertical, los títulos virales en las abejas son bajos, por lo que no se presentan signos clínicos; sin embargo, en la transmisión vectorial el virus se replica dentro de la Varroa, por lo que los títulos virales aumentan y las abejas presentan signos como reducción del peso corporal, reducción del tamaño del abdomen, despigmentación, menor longevidad, mortalidad de pupas, y malformación de las alas.

El virus de las alas deformes es uno de los factores asociados a la perdida de colonias que se ha reportado durante los últimos años en varias partes del mundo.

Algunos autores indican que las abejas africanizadas son más resistentes a las enfermedades que las abejas europeas (Martin y Medina, 2004); sin embargo, algunos estudios reportan que no hay diferencia en la susceptibilidad que presentan las abejas africanizadas y europeas a diferentes enfermedades (Camazine, 1986).

En las poblaciones de colonias de abejas de la región apícola del altiplano, existen colonias de los grupos genéticos europeo, híbrido y africanizado. Un estudio que se realizó en el Estado de México estimó que el 37% de las colonias eran africanizadas, el 30% eran europeas y el 33% eran híbridas (Arechavaleta *et al.*, 2008). Mientras que un estudio que se llevó a cabo en Morelos estimó que el 28% de las colonias eran africanizadas, el 37% híbridas y el 35% europeas (García-Figueroa *et al.*, 2023).

Se desconoce si existen diferencias en la resistencia o susceptibilidad de las colonias africanizadas, híbridas o europeas a ser infestadas por el virus de las alas deformes.

Objetivo

Determinar si existe un efecto del grupo genético de las colonias de abejas sobre la prevalencia del virus de las alas deformes.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del estudio se incluyeron 266 colonias de abejas que estaban ubicadas en los estados de Morelos e Hidalgo.

Para determinar el grupo genético de las colonias, se tomó una muestra de aproximadamente 50 abejas obreras de uno de los bastidores centrales de la cámara de cría, utilizando frascos con alcohol al 70%. De cada muestra se tomaron 10 abejas y se colocaron sobre una toalla de papel para remover el exceso de alcohol. Utilizando un microscopio estereoscópico se desprendió el ala anterior derecha de cada abeja con la ayuda de un bisturí y unas pinzas, se retiró el exceso de tejido para exponer la escotadura de la vena costal. Las 10 alas se colocaron sobre cinta adhesiva y ésta se colocó entre dos cubreobjetos. Los cubreobjetos se unieron con pegamento de contacto y se identificaron con el número de la colonia.

Cada uno de los montajes se escaneó para generar una imagen digital, que se utilizó para medir la longitud de cada ala utilizando el programa Motic Image Plus 2.0, las mediciones se realizaron desde la escotadura de la vena costal hasta la porción más distal del ala. A partir de las 10 alas se obtuvo el promedio de la longitud del ala anterior para cada colonia. Las colonias de abejas que tuvieron una longitud promedio del ala anterior ≤8.950mm se clasificaron como africanizadas, las colonias que tuvieron una longitud

≥9.095mm, como europeas, y las colonias con una longitud promedio del ala anterior entre 8.951 y 9.094mm se clasificaron como híbridas.

Para determinar si las colonias estaban infestadas por el virus de las alas deformes, se tomó una muestra de aproximadamente 30 abejas vivas de cada colonia. Las abejas se trasladaron al laboratorio en cajas de cartón modificadas que permitieron mantener con vida a las abejas durante el traslado. En el laboratorio, las abejas se introdujeron vivas en tubos de 15 ml y se colocaron en un ultracongelador a -80°C para sacrificarlas y preservar el ARN. Para la extracción del ARN se utilizó trizol y se llevó a cabo utilizando 15 abejas que se homogenizaron en nitrógeno líquido. La síntesis de ADN complementario se llevó a cabo utilizando el kit Verso cDNA Synthesis y se realizó con 800ng de ARN por reacción.

El diagnóstico del virus de las alas deformes se realizó mediante RT-PCR. Utilizando los iniciadores diseñados por Chen *et al* (2005) y por Guzmán-Novoa *et al* (2012). El producto de la PCR se resolvió en geles de agarosa al 1.2% que se tiñeron con Gel Red y se visualizaron con luz ultravioleta.

Se estimó la frecuencia de colonias que pertenecen a los grupos genéticos europeo, híbrido y africanizado en la población bajo estudio. Se estimó la frecuencia de colonias positivas y negativas al virus dentro de cada grupo genético y se estimó la prevalencia del virus de las alas deformes dentro de cada grupo genético dividiendo el número de colonias positivas al virus entre el número total de colonias de cada grupo.

Para determinar el efecto del grupo genético de las abejas sobre la prevalencia del virus de las alas deformes, se utilizó una prueba de homogeneidad para determinar si la frecuencia de colonias positivas y negativas al virus de las deformes se distribuye en forma homogénea entre los grupos genéticos.

Resultados y discusión

De las 266 colonias de abejas incluidas en el estudio, 105 resultaron positivas y 161 resultaron negativas al virus de las alas deformes. Con base en estos resultados, la prevalencia estimada para el virus de las alas deformes en las colonias analizadas es de 0.39.

En la población bajo estudio, la frecuencia relativa de colonias que pertenecen al grupo genético africanizado fue 0.37 (n=99), la frecuencia de colonias que pertenecen del grupo europeo fue 0.24 (n=64), y la frecuencia de colonias del grupo genético híbrido fue 0.39 (n=103).

La distribución de colonias positivas y negativas al virus de las alas deformes fue homogénea en los tres grupos genéticos de abejas ($\chi^2=1.755$; n=266; P>0.05) (Figura 1). La prevalencia del virus de las alas deformes estimada para las colonias de abejas africanizadas fue de 0.34, para las colonias de abejas europeas fue 0.42, y para las colonias híbridas fue 0.43.

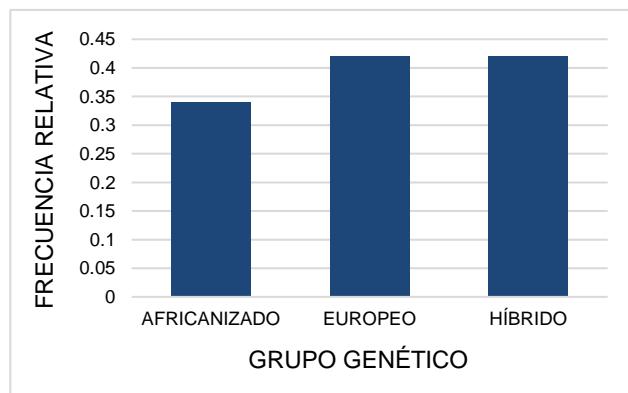


Figura 1. Frecuencia relativa de colonias positivas al virus de las alas deformes en colonias de abejas africanizadas, europeas e híbridas.

No se encontró que el grupo genético de las abejas tenga un efecto sobre la prevalencia del virus de las alas deformes. La prevalencia de la enfermedad fue similar en los tres grupos genéticos, lo que sugiere que las colonias de abejas africanizadas, europeas e híbridas son igualmente susceptibles al virus de las alas deformes.

Conclusiones

El grupo genético de las colonias de abejas no tiene efecto sobre la prevalencia del virus de las alas deformes, lo que indica que las colonias de abejas de los grupos genéticos europeo, híbridas y africanizado tienen la misma probabilidad de ser infectadas por el virus.

Referencias bibliográficas

1. Arechavaleta VM, Robles RC, Espinosa SA. Caracterización molecular y morfométrica de las poblaciones de colonias de abejas del Estado de México. XLIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Mérida, Yucatán. 2008:176.
2. Camazine S. Differential reproduction of the mite, *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae), on Africanized and European honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Ann Entomol Soc Am* 1986;79(5), 801-803.
3. Chen YP, Higgins JA, Feldlaufer MF. Quantitative real-time reverse transcription-PCR analysis of Deformed wing virus infection in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Appl Environ Microbiol* 2005;71, 436–441.
4. García-Figueroa C, Ramírez-Ramírez FJ, Alvarado-Avila LY, Arechavaleta-Velasco ME. Effects of Genetic Origin of Honeybees and Climate on Prevalence and Infestation Levels of Varroa. *Animals* 2023;13,3277. <https://doi.org/10.3390/ani13203277>.
5. Guzmán-Novoa E, Hamiduzzaman M, Espinosa-Montaño L, Correa-Benítez A, Anguiano-Baez R, Ponce-Vázquez R (2012) First detection of four viruses in honey bee (*Apis mellifera*) workers with and without deformed wings and *Varroa destructor* in Mexico, *J Apic Res* 2012;51:4,342-346, DOI: 10.3896/IBRA.1.51.4.08.
6. Martin SJ, Medina LM. Africanized honeybees have unique tolerance to Varroa mites. *Trends Parasitol* 2004, 20(3), 112-114. doi: 10.1016/j.pt.2004.01.001.

INCLUSIÓN DEL GENOTIPO DE PROTEÍNAS LÁCTEAS EN LA DETERMINACIÓN DE FACTORES RELACIONADOS CON RASGOS DE CRECIMIENTO EN CAPRINOS.

José Luis Zepeda-Batista^{1*}, Liborio Gómez-Arias¹, María Isabel Carrillo-Díaz¹, Arturo César García-Casillas¹, Omar Francisco Prado-Rebolledo¹.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima

*Autor para correspondencia: jzepeda15@ucol.mx

Palabras clave: Caprinos, producción, genotipo.

Introducción

En México, la información sobre los rasgos de producción caprina es escasa y en su mayoría proviene de razas nativas o evaluaciones genéticas de asociaciones nacionales de criadores de cabras, lo que no permite la inclusión de animales sin registro de pedigree (Tajonar *et al.*, 2022). La identificación de variables relacionadas con características productivas de alto impacto económico en las producciones caprinas ha sido necesaria para mejorar permanentemente (Salgado *et al.*, 2022). En la última década, las tecnologías de ADN como los marcadores genéticos han demostrado su influencia en la producción de caracteres relacionados con la leche y la carne, pudiendo obtenerse información en hatos con bajo o nulo manejo (Salgado *et al.*, 2022; Rahtmatalla *et al.*, 2022). La inclusión de genotipos de genes de proteínas de la leche podría ofrecer una mejor comprensión de los rasgos de crecimiento y sus variables relacionadas.

Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron determinar los factores que podrían mejorar la producción de crecimiento en cabras y establecer el grado de información de los genotipos en las características de crecimiento de cabras

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un rebaño caprino de producción de doble propósito (carne y leche) ubicado en el municipio de Colima en el estado de Colima. La base de datos incluyó registros de peso al nacer (PN), peso al destete (PD), peso a los 180 días (P180d), peso al año (PA), así como de marcadores moleculares relacionados con las seis principales proteínas lácteas (α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, α -s1-, α -s2- β - y κ -caseína). La distribución racial incluyó bóer, nubia, saanen, alpina y combinaciones dobles entre esas razas. Se descartaron animales sin información en alguno de los rasgos analizados y los genotipos se obtuvieron previamente por medios computacionales utilizando Illumina OvineSNP50 BeadChip.

Se utilizaron rasgos como sexo, raza, nivel de encaste, tamaño de camada, estación y año de nacimiento, destete, seis y 12 meses de vida, así como genotipos de proteína de la leche para establecer grupos contemporáneos. Se utilizó un modelo lineal generalizado con efectos mixtos para analizar la influencia de los rasgos del grupo contemporáneo sobre el peso al nacer, el peso al destete, el peso a los 180 días y el peso al año.

Cada modelo se ajustó al rasgo analizado. Los modelos finales para peso al nacer, peso al destete, peso a los 180 días y peso al año incluyendo genotipos fueron los siguientes: Peso al nacimiento = A+S+R+GAR+TN+TC+ β +E, Peso al destete = A+S+R+GAR+AD+ β +E, Peso a los 180 días: A+S+R+AN+ β + α L+E y Peso al año = A+S+R+AN+ β +E, donde: A = animal, S = sexo, R = raza, GAR = grado anidado en raza, TN = temporada de nacimiento, TC = tamaño de camada, β = genotipo de β -caseína, AD = año de destete, AN = año de nacimiento, α L = genotipo de α -lactoalbúmina y E es el efecto aleatorio residual.

Se utilizó el procedimiento GLIMMIX para analizar los rasgos de crecimiento incluyendo genotipos. Los modelos incluyeron los efectos principales y todas sus posibles interacciones bidireccionales. Se eliminaron de los modelos los efectos no estimables y las interacciones bidireccionales no significativas ($p>0.05$). Los cuatro rasgos analizados utilizaron una distribución gaussiana y una función de vínculo de identidad y se determinaron con el software Interactive Data Analysis del SAS. Se obtuvieron y realizaron medias de mínimos cuadrados y comparaciones de medias múltiples entre rasgos que incluyen y excluyen genotipos para efectos principales significativos y sus interacciones ($p<0.05$). Se utilizó el módulo de estadísticas de ajuste para determinar el modelo con la mejor bondad de ajuste.

Resultados y discusión

El modelo para peso al nacimiento (PN) presentó diferencias significativas en el rasgo de sexo, sin embargo, al incluir el genotipo β -caseína, se determinó que independientemente del sexo de las crías, aquellas con el genotipo BE resultaron ser el grupo de animales más pesado al nacer (Cuadro 1). En este sentido, esta combinación parece influir en el crecimiento del feto dada la relación del gen CSN2 con los genes asociados al crecimiento pre y postnatal, indicada previamente por Kung *et al.* (2015).

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados y comparación múltiple para rasgos de crecimiento en cabras cuando se incluyen los genotipos de CSN2 y LALBA en los modelos *

RASGO	GENOTIPO CSN2		
	AB	AE	BE
PN	2.19±0.33 ^a	2.21±0.23 ^a	3.27±0.18 ^b
PD	22.58±1.73 ^a	15.95±0.86 ^b	23.62±1.22 ^a
P180d	37.97±1.22 ^a	22.72±0.88 ^b	41.41±0.75 ^c
PA	48.18±4.56 ^a	48.29±3.36 ^a	57.21±2.71 ^b

RASGO	GENOTIPO LALBA	
	AB	BB
P180d	32.85±0.74 ^a	35.22±0.56 ^b

* Diferentes literales en las columnas indican una diferencia estadística significativa. PN: peso al nacimiento; PD: peso al destete; P180d: peso a los 180 días; PA: peso al año

Los resultados para el peso al destete (PD) mostraron un comportamiento similar a los del rasgo de PN, siendo las diferencias significativas determinadas por la inclusión del genotipo de β -caseína. Sin embargo, el genotipo asociado con menor peso al destete fue AE, lo que sugiere que el alelo B del gen CSN2 podría estar asociado con animales más pesados al destete, mientras que los alelos A y E muestran una mayor asociación con rasgos de producción de leche. Rahmatalla *et al.* (2022) determinaron la influencia de los alelos A y E en la producción de leche, siendo los animales portadores de estos alelos produciendo un menor número de sólidos totales en la leche, sin cambiar sustancialmente los volúmenes producidos. Además, Rahmatalla *et al.* (2022) mencionaron una alta asociación del alelo B con la activación temprana del epidídimo, lo que haría que el efecto del sexo presente una diferencia a favor de los machos durante el crecimiento pre-destete, tal como lo reportan Nugroho *et al.* (2018).

Para el caso del modelo para peso a los 180 días (P180d), se determinaron las diferencias significativas en raza y año de nacimiento, y al igual que en los rasgos PN y PD, el P180d está influenciado por los genotipos de las proteínas de la leche, siendo en este caso el gen CSN2 de la β -caseína y el gen LALBA de la α -lactoalbúmina. La influencia de los genotipos, posiblemente se deba a la asociación que tanto el gen CSN2, como el gen LALBA, tienen con regiones promotoras de genes asociados con rasgos de crecimiento y alimentación. En este sentido, el gen GH, que codifica la hormona del crecimiento, está relacionado con el gen CSN2, mientras que el gen LALBA está asociado con el gen LEP, responsable de la hormona leptina, una de las responsables del crecimiento y la eficiencia alimenticia (Rahmatalla *et al.*, 2022). Se identificó un posible efecto relacionado con mayores pesos al destete para el caso del alelo B en ambos genes, lo que coincide con lo reportado por Rahmatalla *et al.* (2022) que cuanto mayor es la presencia de leptina y hormona del crecimiento circulante, mayor es la tasa de aumento de peso.

Finalmente, los resultados obtenidos para peso al año (PA) son similares a los observados para P180d, donde, si bien los factores de origen ambiental muestran una influencia importante, son factores individuales como raza, sexo y genotipo, los que aún continúan influyendo en el crecimiento de los animales. Asimismo, el gen CSN2 resultó ser un factor influyente para dicho rasgo. En este sentido, la relación con el promotor del gen GH reportada por Rahmatalla *et al.* (2022) sugiere un mayor efecto del alelo B sobre los alelos A y E, siendo el primero asociado a mayores pesos por año, mientras que el alelo E mostró influencia para una mejor producción de carne con respecto al alelo A.

Conclusiones

Los factores con mayor influencia sobre los rasgos de crecimiento se agrupan en factores individuales como sexo y raza y año de nacimiento, mostrando un mayor efecto sobre el PN y el PD, mientras que los factores ambientales tuvieron influencia sobre evidente en el P180d y PA. Asimismo, los genotipos para β -caseína y α -lactoalbúmina, resultaron tener influencia significativa en todos los rasgos analizados, mostrando, además, una relación con las variables significativas de cada modelo, por lo cual, su inclusión puede proporcionar a los productores una herramienta de interpretación rápida, que les permita tomar decisiones más adecuadas a la hora de establecer sus programas de mejora y selección. Es necesario realizar más estudios incluyendo o utilizando genotipos en programas de mejoramiento y selección caprina, ya que podrían establecer niveles importantes de mejoramiento en poco tiempo.

Agradecimientos

Agradecemos al grupo de producción caprina que amablemente nos permitió trabajar con sus hatos durante este tiempo, así como, por la facilitación de sus bases de datos, para lograr la realización de este proyecto.

Fuente financiadora

El presente proyecto utilizó información de producción, genealógica y de marcadores moleculares previamente financiada con recurso privado del particular.

Referencias bibliográficas

1. Kung, M. H., Lee, Y. J., Hsu, J. T., Huang, M. C., and Ju, Y. T. (2015) A functional study of proximal goat β -casein promoter and intron 1 in immortalized goat mammary epithelial cells. doi: 10.3168/jds.2014-9054.
2. Nugroho, T., Nurhidayati, A., Ayuningtyas, A. I., Kustiyani, C., Prastowo, S, and Widyas, N. (2018) Birth and weaning weight of kids from different Boer goat crosses. ICSAE 142: 012010. doi:10.1088/1755-1315/142/1/012010
3. Rahmatalla, S. A., Arends, D., Said Ahmed, A., Hassan, L. M. A., Krebs, S., Reissmann, M., et al. (2021). Capture Sequencing to Explore and Map Rare Casein Variants in Goats. Front Genet, 12, 620253. doi: 10.3389/fgene.2021.620253
4. Salgado P. J. I., Delgado B. J. V., González A. A., León J. J. M., Marín N., C., Iglesias P. C., Martínez M. M. d. A., Navas G. F.J. (2022) Candidate Genes and Their Expressions Involved in the Regulation of Milk and Meat Production and Quality in Goats (*Capra hircus*). Animals, 12: 988. <https://doi.org/10.3390/ani12080988>
5. Tajonar, K., Díaz, C.A.L., Ibarra, L.E.S., Chay-Canul, A.J., Gonzalez-Ronquillo, M., Vargas-Bello-Pérez, E. (2022) A Brief Update on the Challenges and Prospects for Goat Production in Mexico. Animals 12: 837. <https://doi.org/10.3390/ani12070837>

CORRELACIONES GENÉTICAS ENTRE PERSISTENCIA, PRODUCCIÓN DE LECHE Y SUS COMPONENTES EN GANADO HOLSTEIN.

Luis Enrique Trejo-Díaz¹, Adriana García-Ruiz², Felipe de Jesús Ruiz-López²

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP,

*Autor para correspondencia: luisendi_green@hotmail.com

Palabras clave: Persistencia, bovinos, leche.

Introducción

Los objetivos en la industria lechera han evolucionado a través de los años, donde incrementar el volumen de leche era la meta primordial en los programas de mejoramiento genético. Actualmente los objetivos están considerando características que favorecen la eficiencia en la producción. Por ejemplo, dentro de las características que se han estado evaluando, es la persistencia de la lactación, debido a su relación con beneficios tanto económicos, en salud y reproductivos en el hato. Se ha observado asociación con menores costos de alimentación y salud, un mejor comportamiento reproductivo, menor incidencia de enfermedades en comparación con un ciclo de 305 días; esto debido a que una mayor persistencia causa un menor desbalance energético y consecuentemente las vacas movilizan menos reservas corporales para cubrir el incremento en la demanda de nutrientes derivado de dicha producción (Cobuci *et al.*, 2007).

Las correlaciones genéticas son una medida de la fuerza de la relación entre los valores de cría para un carácter y los valores de cría para otro carácter. Si bien, en algunos casos puede ser útil para seleccionar más de una característica simultáneamente, en otras ocasiones la independencia de dichas características puede ser beneficioso para mejorar una de ellas sin afectar a la otra. Por lo que la heredabilidad y la relación genética entre los rasgos de desempeño económico son necesarios para planificar sistemas de reproducción eficientes y desarrollar evaluaciones genéticas efectivas. El incluir la persistencia en la producción de leche en los programas de selección genética, podría aumentar el rendimiento lechero por lactación y el intervalo entre partos, además de disminuir el recuento de células somáticas (Shokri *et al.*, 2019).

El análisis multivariado es una herramienta para calcular las correlaciones genéticas, ya que una de las principales ventajas de estos análisis es que aumenta la precisión de las evaluaciones. La ganancia en precisión depende de la diferencia absoluta entre las correlaciones genéticas y residuales entre los rasgos. Además, hay un aumento adicional en la precisión con el análisis multivariado como resultado de mejores conexiones en los datos debido a la covarianza residual entre rasgos (Chegini *et al.*, 2018).

Objetivos

Estimar las correlaciones genéticas entre producción de leche, grasa y proteína con la persistencia de la curva de lactación de la misma característica.

Materiales y métodos.

Se contó con información de animales nacidos del año 2000 al 2020, cada lactación consta de 4 a 12 pesajes. Para producción de leche se contó con 112,584 lactaciones (34,648 primer parto, 37,347 de 159 segundo parto, 23,043 tercer parto y 17,546 de 4 o más partos) correspondiente a 84,037 animales. En los análisis de componentes de la leche se contó con información de 49,994 animales correspondientes a 67,371 lactaciones (22,760 de primer parto, 22,914 de segundo, 162 14,200 de tercero y 7,497 de cuatro o más partos).

El modelo de Wilmink (1987) fue usado para modelar la curva de lactación: $y_t = a + be^{-kt} + ct$, donde a representa el rendimiento al inicio de la lactación; b es la tasa de incremento de leche antes del pico de producción, c es la tasa de declive en la producción y k está relacionado con el momento del pico de la lactación. Además con estos parámetros se calculó la persistencia ($per = c * 305/a * 100$). Esto se realizó usando un método iterativo mediante el procedimiento NLIN de SAS (SAS, 2001).

Para estimar las correlaciones genéticas entre persistencia calculada con el modelo de Wilmink y producción de cada una de las características, se empleó un análisis bivariado:

$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$, donde: y =persistencia de leche, grasa y proteína b = vector de efectos fijos (hato-año-estación, numero de parto); μ = vector de efectos aleatorios (animal); Z = matriz de incidencia relacionado a los efectos fijos; e = vector de residuales. Los subíndices 1 y 2 representan los caracteres evaluados, con sus respectivos factores fijos y aleatorios.

Resultados

En el cuadro 1 se muestran los parámetros de la curva de lactación para leche, grasa y proteína con el modelo de Wilmink, así como la persistencia calculada para cada uno. En el cuadro 2 se muestran los coeficientes de correlación entre producción de leche, grasa y proteína y la persistencia de la producción de leche, grasa y proteína.

Cuadro 1. Parámetros de la curva de lactación y persistencia con el modelo de Wilmink para leche, grasa y proteína.

Parámetro	Leche (media y DE)	Grasa (media y DE)	Proteína (media y DE)
<i>a</i>	258 (22)	3.040 (1.701)	2.920 (0.946)
<i>b</i>	-316 (120)	1.201 (0.192)	0.832 (0.388)
<i>c</i>	-0.337 (0.012)	0.001 (0.000)	0.001 (0.000)
<i>k</i>	0.027 (0.037)	0.032 (0.002)	0.082 (0.004)
Persistencia (%)	-47(21)	35 (5.921)	21 (4.178)

Cuadro 2. Correlación genética entre producción de leche y persistencia de los componentes de lactación.

	Persistencia		
	Leche	Grasa	Proteína
Producción de leche (kg)	-0.32	-0.22	0.29
Producción de grasa (kg)		-0.11	
Producción de proteína (kg)			-0.12

Discusión

Los estudios previos sobre correlaciones genéticas entre persistencia y producción son escasos. Chegini *et al.*, muestran una correlación entre persistencia de leche y producción láctea baja (0.184) en ganado lechero de Irán. Si bien la forma en la que se midió la persistencia en las vacas iraníes fue distinta, obtenido de la diferencia entre la producción del día 90 al 270, en ambos estudios concuerdan que hay un alto grado de independencia entre ambas características. En el estudio hecho en Irán los autores obtuvieron una correlación de 0.42, 0.37 y 0.14 entre la persistencia de leche en el primer, segundo y tercer parto, respectivamente, con la producción de leche. Resultado similar a lo obtenido en el presente trabajo, con la diferencia que ellos calcularon la persistencia con el modelo de Wood.

A la fecha, no existen estudios que revelen la correlación entre la producción de grasa y proteína con su respectiva persistencia. La correlación genética que existe entre la producción de leche y la persistencia de leche, grasa y proteína es baja, por lo que la inclusión de persistencia en programas de mejoramiento genético tendría poca repercusión en la producción.

Conclusiones

El resultado de las correlaciones muestra una baja influencia de la persistencia en la producción de leche y componentes, dejan un precedente para evaluar estas características en ganado lechero, y abren la

posibilidad de evaluar la inclusión de estas en programas de mejoramiento genético, aunado a estudios de factibilidad económica.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Asociación Holstein de México por la información proporcionada, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este proyecto fue financiado por el proyecto INIFAPSIGI 15352034772

Referencias bibliográficas

1. Chegini A, Shadaparvar AA, Hossein ZN, Mohammad NB. Genetic and environmental relationships among milk yield, persistency of milk yield, somatic cell count and calving interval in Holstein cow. Rev Colomb de Cienc Pecu 2018; 32 (2): 81-89
2. Cobuci JA, Euclides RF, Costa CN, Torres RA, Carmen SP. (2007). Genetic evaluation for persistency of lactation in Holstein cows using a random regression model. Gene Mole Bio 2007; 30 (2): 349-355.
3. Misztal I. BLUPF90 family of programs. University of Georgia. 2007. <http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/> Consultado 28 de agosto del 394 2023
4. SAS. SAS/STAT ACCESS® 9.4 Interface to ADABAS: Reference. Cary, NC: SAS Inst Inc. 2013.
5. Shokri SF, Atahshi H, Dadpasand M, Saghanejad F. (2019). Genetic parameters for milk yield and lactation persistency in them three first parities of Iranian Holstein cows. Rev Colomb de Cienc Pecu; 32 (2): 100-106.

EFFECTO DE MARCADORES MOLECULARES SOBRE LA EXPRESIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ACICALAMIENTO DE LAS ABEJAS MELÍFERAS.

Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco^{1*}, Francisco Javier Ramírez-Ramírez¹, Claudia García-Figueroa¹, Laura Yavarik Alvarado-Avila¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

*Autor para correspondencia: arechavaleta.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Abejas melíferas, comportamiento de acicalamiento, marcadores moleculares.

Introducción

La varroosis es una parasitosis ocasionada por el ácaro *Varroa destructor*, esta enfermedad es el principal problema sanitario que enfrenta la apicultura a nivel mundial, ya que representa una seria amenaza para la supervivencia de las abejas melíferas y para la producción de miel.

El comportamiento de acicalamiento es el principal mecanismo involucrado en la resistencia de las colonias al crecimiento poblacional de *Varroa destructor* (Arechavaleta y Guzmán, 2001).

El comportamiento de acicalamiento tiene origen genético. Un estudio que se realizó en México, identificó un loci de rasgos cuantitativos (QTL), denominado *groom-1*, en el cromosoma 5 del genoma de la abeja asociado a la expresión del comportamiento de acicalamiento (Arechavaleta-Velasco *et al.*, 2012).

Dentro de la región correspondiente al intervalo de confianza del 95% para la ubicación del QTL se identificó como gen candidato asociado a la expresión del comportamiento de acicalamiento de las abejas al gen *neurexin-1*, los ortólogos de este gen están relacionados con el comportamiento de acicalamiento en ratones (Arechavaleta-Velasco *et al.*, 2012).

El efecto del QTL *groom-1* sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento fue confirmado en una población de abejas diferente a la población en donde se identificó por primera vez el efecto del QTL (Hamiduzzaman *et al.*, 2017).

Evaluar el comportamiento de acicalamiento es difícil, los métodos para medir el comportamiento de acicalamiento son laboriosos y difíciles de implementar a una escala como para evaluar una población grande de colonias como se requeriría para el desarrollo de programas de selección y mejoramiento genético. Por lo que desarrollar métodos para identificar colonias con alto comportamiento de acicalamiento a través del uso de marcadores moleculares supondría una ventaja al momento de seleccionar colonias con base en esta característica.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de marcadores moleculares ligados al QTL *groom-1* sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento de las abejas.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del estudio se estableció una población experimental de 45 colonias de abejas de origen europeo que se ubicaron en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Ajuchitlán, Querétaro.

Se evaluó el comportamiento de acicalamiento de 30 abejas obreras de cada colonia, utilizando un método que mide el comportamiento a nivel de abejas individuales. Para medir el comportamiento de acicalamiento se utilizó un panal de observación, elaborado con un bastidor de alza con cera estampada, cubierto por un panel de acrílico. Cada abeja se introdujo dentro del panal de observación y, con un pincel, se le colocó un ácaro vivo sobre el tórax. Con ayuda de un cronómetro, se midió el tiempo que le tomó a cada abeja expresar el comportamiento de acicalamiento después de colocar el ácaro sobre su cuerpo.

Al finalizar la evaluación, las abejas se introdujeron a un tubo de 1.5ml y se colocaron dentro de un ultracongelador a -80°C con la finalidad de sacrificarlas y conservarlas para, posteriormente, extraer el ADN de cada una.

Utilizando los registros individuales de las abejas que se evaluaron ($n=1350$), se seleccionaron las abejas que se encontraban en los extremos de la distribución para formar dos grupos, las 96 abejas que respondieron más rápido realizando el comportamiento de acicalamiento después de colocarles un ácaro

sobre el cuerpo, y las 96 abejas que respondieron más lento realizando el comportamiento de acicalamiento después de colocarles un ácaro sobre el cuerpo.

Se extrajo el ADN de las 192 abejas, para extraer el ADN, cada abeja se homogenizó en una solución de lisis (1% CTAB, 50 mM Tris pH 8.0, 10 mM EDTA, 1.1 M NaCl), seguido de una extracción de fenol/cloroformo y la precipitación del ADN en etanol. El ADN se cuantificó y diluyó a una concentración de 25ng/ml.

Para el desarrollo del estudio se evaluaron cuatro marcadores moleculares del tipo de polimorfismo de un solo nucleótido (SNP) ligados al QTL *groom-1*, los marcadores incluidos en este estudio fueron: M-253573; M-1256625; M-8439 y M-1320283 (Arechavaleta *et al.*, 2012).

Se generaron los iniciadores para identificar las variantes alélicas de los marcadores SNP por medio de un análisis de discriminación alélica utilizando PCR en tiempo real y se determinó el genotipo de las 192 abejas para los cuatro marcadores, clasificándolas en los dos tipos posibles de homocigotos y en heterocigotos para cada marcador SNP.

Para determinar si existe efecto de cada marcador sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento de las abejas, los datos generados se analizaron por medio un análisis de varianza bajo un modelo lineal simple para determinar si existen diferencias entre los genotipos generados por el marcador. Para identificar diferencias entre las medias de los genotipos se utilizó una prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias entre los tres genotipos generados por el marcador M-253573 para el tiempo en que las abejas respondieron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre su cuerpo ($F=3.08$; $gl=2,189$; $P<0.05$). Las abejas con genotipo Homocigoto TT respondieron más rápido que las abejas con los genotipos Homocigoto CC y Heterocigoto CT ($P<0.05$).

El tiempo en que las abejas respondieron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre su cuerpo del genotipo Homocigoto TT fue de 54.43 ± 7.49 segundos, el del genotipo Heterocigoto CT fue de 76.83 ± 8.94 y el del genotipo Homocigoto CC fue de 80.39 ± 8.84 .

Se encontraron diferencias entre los tres genotipos generados por el marcador M-1256625 para el tiempo en que las abejas respondieron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre su cuerpo ($F=3.56$; $gl=2,182$; $P<0.05$). Las abejas con genotipo Homocigoto TT respondieron más rápido que las abejas con los genotipos Homocigoto CC y Heterocigoto CT ($P<0.05$).

El tiempo en que las abejas respondieron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre su cuerpo del genotipo Homocigoto TT fue de 47.61 ± 8.39 segundos, el del genotipo Heterocigoto CT fue de 70.51 ± 7.42 y el del genotipo Homocigoto CC fue de 79.65 ± 9.66 .

No se encontraron diferencias entre los tres genotipos generados por el marcador M-8439 para el tiempo en que las abejas respondieron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre su cuerpo ($F=0.52$; $gl=2,186$; $P<0.05$).

El tiempo el tiempo en que las abejas respondieron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre su cuerpo del genotipo Homocigoto TT fue de 62.25 ± 11.31 segundos, el del genotipo Heterocigoto CT fue de 75.28 ± 7.73 y el del genotipo Homocigoto CC fue de 67.27 ± 7.78 .

No se encontraron diferencias entre los tres genotipos generados por el marcador M-1320283 para el tiempo en que las abejas respondieron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre su cuerpo ($F=0.44$; $gl=2,189$; $P<0.05$).

El tiempo en que las abejas respondieron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre su cuerpo del genotipo Homocigoto AA fue de 61.11 ± 30.35 segundos, el del genotipo Heterocigoto AG fue de 78.24 ± 11.64 y el del genotipo Homocigoto GG fue de 66.61 ± 5.48 .

De los cuatro marcadores moleculares ligados al QTL *groom-1* que se incluyeron en el estudio, dos tuvieron efecto sobre el tiempo en que las abejas respondieron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre sus cuerpos.

Conclusiones

Se identificaron dos marcadores moleculares del tipo SNP ligados al QTL *groom-1* que tienen efecto sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento de abejas individuales.

Referencias bibliográficas

1. Arechavaleta-Velasco ME, Alcala-Escamilla K, Robles-Rios C, Tsuruda JM, Hunt GJ. Fine-Scale Linkage Mapping Reveals a Small Set of Candidate Genes Influencing Honey Bee Grooming Behavior

- in Response to Varroa Mites. PLoS ONE 2012; 7(11): e47269. DOI:10.1371/journal.pone.0047269.
- 2. Arechavaleta-VME, Guzmán-NE. Relative effect of four characteristics that restrain the population growth of the mite *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. Apidologie 2001. 32:157-174.
 - 3. Boecking O, Spivak M. Behavioral Defenses of Honey Bees against *Varroa Jacobsoni* Oud. Apidologie 1999.
 - 4. Hamiduzzaman, M., Emsen B., Hunt GJ., Subramanyam S., Williams CE., Tsuruda JM., Guzmán-Novoa E. Differential gene expression associated with honey bee grooming behavior in response to Varroa mites. Behav Genet 2017. DOI 10.1007/s10519-017-9834-6.
 - 5. Stanimirović, Z., Stevanović, J., Aleksić, N., & Stojić, V. Heritability of grooming behaviour in grey honey bees (*Apis mellifera carnica*). Acta veterinaria 2010;60(2-3), 313-323

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CANÓNICA DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS EN CONEJOS VIVOS Y SUS CANALES.

Juan M. Nuñez-Aramburu¹, José G. Herrera-Haro ^{1*}, Francisco E. Martínez-Castañeda ²; J. Ricardo Bárcena-Gama, ¹, Héctor Luis-Chincoya, ¹, Nathaniel A. Rogers Montoya ¹.

¹ Colegio de Postgraduados. Especialidad en Ganadería. Km 32.5, C.P. 56230, Texcoco. Montecillos. México.

² Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Toluca. México.

*Autor para correspondencia: haro@colpos.mx

Palabras clave: Correlación canónica, conejos, mediciones corporales.

Introducción

La producción de conejos en México ha sido una alternativa viable para el autoempleo y el autoconsumo en las zonas rurales, contribuyendo a la reducción de la pobreza y la desnutrición. La carne de conejo es rica en proteínas, baja en grasa y colesterol, contiene poco sodio y es una buena fuente de vitaminas del grupo B, hierro, zinc y magnesio (Vélez et al., 2021). En la canal de conejo, las piezas de mayor valor económico son las piernas y el lomo, debido a su mayor contenido de carne y preferencia por parte de los consumidores. Sin embargo, estas características no pueden evaluarse en el animal vivo y solo se pueden analizar después del sacrificio, lo que limita la selección de reproductores sobresalientes. El Análisis de Correlación Canónica (ACC) permite identificar relaciones entre dos grupos homogéneos de variables dentro de un conjunto de datos. Este análisis se realiza a través de parejas de combinaciones lineales de los grupos de variables, con el objetivo de estimar la variabilidad presente en los datos (Johnson & Wichern, 2007). El objetivo es interpretar mejor la variabilidad de los datos y determinar cuáles características pueden utilizarse como criterios de selección para identificar a los reproductores superiores al final del periodo de engorda.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la unidad cunícola del Colegio de Postgrados, Campus Montecillo, en Texcoco, Estado de México. Al final del periodo de engorda (73 días), se realizaron mediciones cuantitativas en una muestra de 139 conejos (79 de la raza Nueva Zelanda y 60 de la raza California). Se utilizaron los siguientes instrumentos de medición: una cinta métrica flexible, un calibrador Vernier de precisión de 12 cm/5" marca Scale, y una báscula digital Rhino modelo BAR-10 con una precisión de 5 gramos. El aturdimiento y sacrificio de los conejos se realizó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-033-SAG/ZOO-2014). Las mediciones corporales en el animal vivo incluyeron el peso vivo (PV), el ancho del lomo (AL), el largo del lomo (LL), el perímetro de la pierna (PP) y el largo de la pierna (LP). Veinticuatro horas después, los animales fueron insensibilizados y sacrificados, y se midieron varias partes de la canal despiezada: peso de la canal caliente (PCC), peso del lomo (PLC), peso de las piernas (PPC), ancho del lomo (ALC), largo del lomo (LLC) y largo de la pierna (LPC).

Análisis estadístico

Se obtuvieron los estadísticos descriptivos para todas las variables medidas utilizando el procedimiento PROC MEANS de SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Se realizó un ANOVA con un modelo de efectos fijos. Se aplicó el ACC utilizando el procedimiento PROC CANCORR para explorar la relación entre dos conjuntos de variables. La información se dividió en dos grupos con el objetivo de establecer combinaciones lineales entre ellos. Se calcularon las medidas de redundancia para cada correlación canónica, con el fin de determinar cuánta de la varianza en un conjunto de variables se puede atribuir al otro conjunto.

Resultados y discusión

Cuadro 1. Medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de dos conjuntos de variables en conejos al final del periodo de engorda.

Agrupamiento CANAL	Conjunto de variables X Media ± DE	CV (%)	Agrupamiento ANIMAL	Conjunto variables Y Media ±DE	CV (%)
(PCC)	1185.32 ± 165.26	13.9	(PV)	2115.21 ± 229.21	10.8
(PLC)	258.32 ± 49.11	19.0	(AL)	60.14 ± 6.55	10.9
(PPC)	349.83 ± 41.70	11.9	(LL)	18.20 ± 2.32	12.7
(ALC)	56.16 ± 5.47	9.7	(PP)	13.78 ± 1.87	13.6
(LLC)	15.34 ± 1.45	9.5	(LP)	10.13 ± 1.07	10.6
(LPC)	9.24 ± 0.96	10.4			

Cuadro 2. Matriz de Correlación entre características morfológicas originales en conejos.

	PV	AL	LL	PP	LP	PCC	PLC	PPC	ALC	LLC	LPC
ANIMAL											
PV	1.00	0.34	0.38	0.31	0.46	0.70	0.45	0.77	0.38	0.41	0.37
AL		1.00	0.11	0.36	-0.08	0.34	0.41	0.24	0.12	0.28	0.26
LL			1.00	0.48	0.60	0.34	-0.11	0.23	-0.09	0.28	0.25
PP				1.00	0.28	0.20	0.21	0.34	0.03	0.28	0.18
LP					1.00	0.32	-0.21	0.37	0.23	0.11	0.30
CANAL											
PCC						1.00	0.63	0.65	0.29	0.45	0.29
PLC							1.00	0.40	0.16	0.43	0.18
PPC								1.00	0.39	0.32	0.34
ALC									1.00	-0.02	0.04
LLC										1.00	0.43
LPC											1.00

En el Cuadro 2 se presentan las correlaciones de Pearson entre las variables originales. Las correlaciones evaluadas en el animal vivo fueron las siguientes: el peso vivo (PV) se correlacionó con el ancho y largo del lomo (AL, $r=0.34$), largo del lomo (LL, $r=0.38$), perímetro de las piernas (PP, $r=0.31$) y largo de las piernas (LP, $r=0.46$). Además, el largo del lomo (LL) se correlacionó con el peso de las piernas (PP, $r=0.48$) y con el largo del lomo (LP, $r=0.56$). En otras palabras, a medida que un conejo tiene mayores medidas en piernas y lomo, su peso vivo es mayor, lo cual coincide con lo reportado por Ogah (2012). En otras especies zootécnicas se ha reportado que el peso vivo está altamente correlacionado con la altura a la cruz y la longitud de grupa, describiendo el tamaño del animal (Atac & Altincekic, 2023). En cuanto a las correlaciones en la canal, el PCC se correlaciona positivamente con todas las variables de la canal despiezada, especialmente con el peso del lomo ($r=0.63$), el peso de la pierna ($r=0.65$) y el largo del lomo ($r=0.45$). Esto indica que el PCC determina las características económicamente importantes de la canal, como PLC, PPC y LLC. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Ogah (2012) en un estudio sobre conejos, quien concluyó que el componente genético de la raza influye en el peso de la canal. Aunque las características medidas en la canal son importantes indicadores de las mediciones realizadas en el animal vivo, es difícil interpretar la contribución simultánea de las variables incluidas dentro de cada conjunto respecto a la relación entre los conjuntos. Para aclarar mejor la interrelación entre las variables de la canal y las del animal vivo, se estimaron cinco correlaciones canónicas. Estas correlaciones explican las interrelaciones entre los conjuntos estudiados, ya que el número de correlaciones canónicas interpretadas debe ser igual al número mínimo de características evaluadas tanto en el conejo vivo (ANIMAL) como en la CANAL. La prueba de razón de verosimilitud mostró que los primeros tres coeficientes canónicos fueron significativos (0.851, 0.562 y 0.414, $p<0.01$), rechazando así la hipótesis de igualdad entre los coeficientes canónicos ($p<0.0001$). Estos resultados coinciden con lo reportado por Ogah (2012). La primera correlación canónica mostró el coeficiente más alto entre las cinco analizadas, con $r_c = 0.851$ ($R^2 = 0.72$). Esta correlación relaciona la variable medida en la CANAL (V1) con la variable canónica del ANIMAL (W1). La correlación canónica ajustada presenta información similar. Las otras correlaciones canónicas fueron menores, por lo que solo se consideró la primera variable canónica. Esto es consistente con otros estudios (Atac & Altincekic, 2023), que también han considerado solo la primera variable canónica. En el presente

estudio, se encontró que las variables canónicas W1 y V1 explicaron el 66% y el 51% de la varianza, respectivamente, del total de la variación en las características morfológicas medidas en conejos. El análisis de redundancia mostró valores del 31% para W1 y del 21% para V1.

Conclusiones

Este estudio permitió establecer la relación entre las características morfológicas medidas en conejos vivos y las medidas en la canal despiezada. El peso vivo y el perímetro de las piernas fueron los factores que más influyeron en las características económicamente importantes de la canal, como el lomo y las piernas. La selección indirecta, basada en las características del conejo vivo, puede ser una estrategia eficaz para seleccionar futuros reproductores con mejores pesos de la canal, lomo y piernas a los 73 días de edad. Reconocimiento a la línea de investigación del Programa de Ganadería CP: “Ganadería Eficiente, Bienestar Sustentable y Cambio Climático”, También dentro de las actividades de la Microrregión de Atención Prioritaria (MAP): Región Oriente del Valle de México. Proyecto: “Inseminación Artificial en Conejos: Técnicas y Aplicación Práctica en la Región MAP Texcoco”.

Referencias bibliográficas

1. Atac, F. E., & Altincekic, S. O. (2023). The relationship between live weight and body measurements of Chios lambs at different periods. *South African Journal of Animal Science*, 53(5), 696–705. <https://doi.org/10.4314/sajas.v53i5.09>.
2. Velez izquierdo, Alejandra; Espinosa Garcia, José Antonio; Amaro Gutierrez, Rómulo y Arechavaleta Velasco, Miguel Enrique. Tipología y caracterización de apicultores del estado de Morelos, México. *Rev. mex. de cienc. pecuarias* [online]. 2016, vol.7, n.4, pp.507-524. ISSN 2448-6698.
3. Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Pearson Prentice Hall. In Pearson Prentice Hall.
4. Ogah, D. M. (2012). Canonical correlation analysis of body measurements and carcass traits of cross bred rabbit population. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(4), 855–861. <https://doi.org/10.2298/bah1204855o>.
5. SAS Institute Inc. (2023). *SAS Studio OnDemand for Academics* [Software]. Cary, North Carolina, USA.



7

Nutrición y alimentación animal

“LO QUE UNO HACE, HACE LA DIFERENCIA” / René Camas



EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CALIDAD ALIMENTARIA DEL FRUTO DE MEZQUITE (*Prosopis* sp.).

Johan Ricon-Cepeda¹, Edwin Rafael Alvarado-Ramírez^{1,2}, Andrés Gilberto Limas-Martínez^{1,*}, Daniel López-Aguirre¹, Santiago Joaquín-Cancino¹

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas, México; ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

*Autor para correspondencia: alimas@docentes.uat.edu.mx

Palabras clave: Alimento energético, leguminosas forrajeras, *Prosopis*.

Introducción

El género *Prosopis* pertenece a la familia de las Fabaceae y está conformado por aproximadamente 50 especies, las cuales en su mayoría se conocen comúnmente como “mezquites” y se distribuyen de manera natural en las regiones con condiciones áridas y semiáridas de diversos continentes, entre ellos Asia, África y América del Norte y Sur. Estas especies crecen en forma de árboles y arbustos, presentan un crecimiento acelerado, son resistentes a las sequías prolongadas y sus frutos destacan por su alto valor nutricional, especialmente por su contenido de proteína (7-22 %), carbohidratos totales (35-75 %) y azúcares solubles (20 %). En lugares donde existen poblaciones de mezquite, el ganado generalmente consume los frutos enteros que se encuentran en las plantas y los frutos secos que se han caído al suelo, y derivado de diversos experimentos, ha surgido la recomendación de incluir del 20 al 40 % de fruto de mezquite en la alimentación del ganado, ya que estos porcentajes no generan afectos adversos en la salud y productividad de los animales (Ruiz-Nieto *et al.*, 2020). Además, se ha reportado que la aportación energética del fruto de mezquite es comparable a la energía proporcionada por el grano de maíz y, por lo tanto, puede sustituirlo completamente en las dietas del ganado lechero (Holstein × Cebú) sin afectar/comprometer la fermentación ruminal y la productividad de los animales (Ruiz-Nieto *et al.*, 2020). Sin embargo, la calidad y el potencial de utilización del fruto de los mezquites en la alimentación animal depende de varios factores, tales como estado de madurez, especie, región y condiciones edafoclimáticas, por lo que es importante determinar si los cambios en la composición química son significativos y están presentes durante la maduración del fruto (Montañez-Valdez *et al.*, 2021).

Objetivo

Evaluar el efecto del estado de madurez sobre la composición química y calidad alimentaria del fruto de mezquite (*Prosopis* sp.).

Materiales y métodos

Los frutos se obtuvieron de una población de plantas de mezquite ubicada en el municipio de Padilla, Tamaulipas, México (24°02'01" N y 98°53'40" W, a 154 msnm), entre los meses de mayo y junio de 2023, y el clima del sitio es tipo BS₁ (h') hw, que corresponde a un clima seco con lluvias en verano y escasas a lo largo del año, y presenta un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 %. Antes de la recolección de frutos, se confirmó que toda la población de plantas correspondía a la misma especie de mezquite y, posteriormente, se colocaron listones amarillos en 10 plantas representativas para la obtener de cada uno 2 kg de frutos en cada estado de madurez. Los estados de madurez se definieron con base en las características físicas y la coloración de los frutos como se describe a continuación: 1) tiernos, frutos de colocación verde y con semillas en formación; 2) intermedio, frutos de coloración morada intenso con líneas verdes, textura blanda y unidas a los árboles; y 3) maduro, frutos de coloración morado pálido, con las semillas completamente formadas, textura dura y desprendidas de los árboles. Todas las muestras se deshidrataron a 60 °C durante 72 horas, se trituraron en un molino de martillos (Thomas Wiley® Laboratory Mill modelo 4, Thomas Scientific™, Swedesboro, NJ, USA) con criba de 1 mm y se almacenaron a temperatura ambiente (23±2°C) en frascos de vidrio hasta su análisis. La composición química incluyó la determinación de materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) mediante los métodos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 1990), y la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) siguiendo la metodología de Van Soest *et al.* (1991). La calidad alimentaria se evaluó con base en el ingesta de materia seca (IMS; g kg⁻¹ peso vivo), la digestibilidad de la materia seca (DMS; %), los

nutrientes digestibles totales (NDT; %), el valor alimentario relativo (VAR; %), la energía digestible (ED; kcal kg⁻¹ MS) y la energía metabolizable (EM; Mcal kg⁻¹ MS). Estas variables se calcularon en base seca con las ecuaciones propuestas por Horrocks y Valentine (1999):

$$\begin{aligned} \text{CMS} &= 120 / \text{FDN} \\ \text{DMS} &= 88.9 - (0.779 \times \text{FDA}) \\ \text{NDT} &= 101.35 + (-1.291 \times \text{FDA}) \\ \text{VAR} &= \text{CMS} \times \text{DMS} \times 0.775 \\ \text{ED} &= 0.27 + 0.0428 (\text{DMS}) \\ \text{EM} &= 0.821 \times \text{ED} \end{aligned}$$

Los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones utilizando el procedimiento GLM de SAS, la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey y las medias se declararon estadísticamente diferentes cuando $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

De acuerdo con el análisis estadístico, existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en la composición química entre los estados de madurez del fruto (Tabla 1). La materia orgánica (MO) aumentó ($p < 0.05$) al cambiar el estado de madurez de tierno a maduro mientras que la proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) disminuyeron ($p < 0.05$), lo que es consistente con lo reportado por Montañez-Valdez *et al.* (2021) para el fruto de *Prosopis* spp. de una región de clima semicálido. Estos autores informaron que la MO y los carbohidratos no fibrosos (CNF) aumentaron a medida que avanzaba la madurez del fruto mientras que la PC, FDN y FDA disminuyeron, y se atribuye a los cambios morfológicos y bioquímicos que ocurren en los frutos cuando cambian su estado de madurez, tales como el aumento de tamaño de los cotiledones de las semillas y la acumulación de CNF.

Tabla 1. Composición química y calidad alimentaria del fruto de mezquite (*Prosopis* sp.) en diferentes estados de madurez.

	Estado de madurez del fruto			EEM	Valor P
	Tierno	Intermedio	Maduro		
Composición química					
Materia orgánica (%)	95.36 ^b	95.56 ^{ab}	95.74 ^a	0.065	0.0167
Proteína cruda (%)	13.03 ^a	11.00 ^b	8.97 ^c	0.170	<0.0001
Fibra detergente neutro (%)	58.69 ^a	43.04 ^b	38.15 ^c	0.729	<0.0001
Fibra detergente ácido (%)	37.70 ^a	25.76 ^b	23.29 ^c	0.247	<0.0001
Calidad alimentaria					
Ingesta de materia seca (g kg ⁻¹ PV)	2.05 ^c	2.79 ^b	3.15 ^a	0.036	<0.0001
Digestibilidad de la materia seca (%)	59.53 ^c	68.83 ^b	70.76 ^a	0.193	<0.0001
Nutrientes digestibles totales (%)	52.68 ^c	68.09 ^b	71.29 ^a	0.318	<0.0001
Valor alimenticio relativo (%)	94.39 ^c	148.78 ^b	172.52 ^a	1.921	<0.0001
Energía digestible (Mcal kg ⁻¹ MS)	2.82 ^c	3.22 ^b	3.30 ^a	0.009	<0.0001
Energía metabolizable (Mcal kg ⁻¹ MS)	2.31 ^c	2.64 ^b	2.71 ^a	0.007	<0.0001

PV = peso vivo. MS = materia seca. EEM = error estándar de la media. Medias en la misma fila con diferentes letras (a-c) en superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey.

Con relación a la calidad alimentaria, los parámetros mejoraron significativamente ($p < 0.05$) a medida que avanzó el estado de madurez del fruto (Tabla 1), lo que en parte podría explicarse por la reducción de FDN y FDA ya que ambas se correlacionan negativamente con el ingesta de materia seca y los nutrientes digestibles totales (Horrocks y Valentine, 1999). Además, el aumento en el porcentaje de carbohidratos no fibrosos al cambiar el estado de madurez también fue un factor clave porque estos carbohidratos promueven una mayor digestibilidad de la materia seca y, en consecuencia, aumentan el valor alimenticio relativo y la disponibilidad de energía (Javanmard *et al.*, 2020), como ocurrió en el presente estudio.

Conclusiones

A medida que avanza el estado de madurez del fruto del mezquite, las concentraciones de PC, FDN y FDA disminuyen y aumentan los carbohidratos no fibrosos, lo que se refleja en una mayor la calidad alimentaria

de los frutos y, por lo tanto, se considera que el momento óptimo para su cosecha es cuando se encuentra en estado intermedio o maduro.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por las facilidades otorgadas para la realización de este estudio, y a la Ing. Ana Tovar Zurita por su apoyo en los análisis de laboratorio.

Referencias bibliográficas

1. AOAC. (1990). Official methods of analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, USA. 672p.
2. Horrocks, R.D.; Valentine, J.F. (1999). *Harvested Forages*; Academic Press: San Diego, CA, USA. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-356255-5.X5022-6>
3. Javanmard, A.; Machiani, M.A.; Lithourgidis, A.; Morshedloo, M.R.; Ostadi, A. (2020). Intercropping of maize with legumes: A cleaner strategy for improving the quantity and quality of forage. *Cleaner Engineering and Technology*, 1, 100003. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100003>
4. Montañez-Valdez, O.D.; Reyes-Gutiérrez, J.A.; Ley-de Coss, A.; Vicente-Pérez, R.; Gómez-Vázquez, A.; Guerra-Medina, C.E. (2021). Composición química y degradación ruminal de la vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) a diferente estado de madurez. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(II). e2857 <https://doi.org/10.19136/era.a8nll.2857>
5. Ruiz-Nieto, J.E.; Hernández-Ruiz, J.; Hernández-Marín, J.; Mendoza-Carrillo, J.; Abraham-Juárez, M.; Işıordia-Lachica, P.M.; Mireles-Arriaga, A.I. (2020). Mesquite (*Prosopis spp.*) tree as a feed resource for animal growth. *Agroforestry Systems*, 94(4), 1139-1149. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00481-x>
6. Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10): 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN HATOS ALTOS Y BAJOS PRODUCTORES DE AGUASCALIENTES A TRAVÉS DE LA PROYECCIÓN A 305 DÍAS.

Carlos Urban Häubi-Segura^{1*}, José Antonio Alvizo-Flores², José Luis Gutiérrez-Lozano³

¹Departamento de Ciencias Veterinarias, UAA, ²Maestría en Ciencias Agropecuarias Veterinarias (MCAV), UAA, ³Fundación Ahora A.C.

* Autor para correspondencia: drhaubi@yahoo.com

Palabras clave: Hatos lecheros, curvas de lactancia, desecho voluntario.

Introducción

El cálculo de la producción de leche representa una importante herramienta de manejo en los hatos lecheros, tanto para la selección del ganado como para el seguimiento de animales con problemas de salud e incluso para realizar investigación básica o aplicada (Fuhrman, 2006). Diferentes modelos matemáticos se han utilizado para describir la curva de lactancia y la producción total de la lactancia, sin embargo, éstos no son fáciles de utilizar a nivel de rancho y tampoco permiten hacer comparaciones entre establos o entre animales específicos (López et al., 2015). De forma ideal, se debe poder predecir el potencial de producción de una vaca con un mínimo de pesadas de leche.

Objetivos.

En este estudio se desarrolló un método basado en el sistema de Coeficientes de la Universidad de McGill para calcular la proyección de leche a 305 días, con el objetivo de hacerlo más fácil de usar para el ganadero y el asesor técnico, así como para poder ser utilizado en la investigación animal.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se dividió en: 1) desarrollo de un método para evaluar la proyección de leche a 305, y 2) su posterior aplicación en el análisis de ranchos altos y bajos productores del estado de Aguascalientes.

1) Desarrollo del método. La Universidad de McGill (Quebec, Canadá) publicó una tabla con coeficientes, que corresponden al porcentaje de leche producido en una lactancia de 305 días ($100\% / 305 \text{ días} = 0.328\% / \text{día}$). El cálculo de la proyección a 305 (Proy305) se realiza dividiendo la producción de leche (kg) de un día en específico (Leche@DEL) entre el coeficiente correspondiente a ese día en leche (Coef@xDEL, ver Tabla 1) y multiplicándolo por 100:

$$\text{Proy305} = \text{Leche@DEL} / \text{Coef@DEL} * 100$$

Tabla 1. Coeficientes de McGill para el cálculo de la Proyección a 305 días, originales y para lactancias extendidas (> 320 d, calculado por regresión lineal).

Mes de lactancia	Días en leche	1a Lactancia	Vacas Adultas	1a RegLin	Lact RegLin	Adultas
1	16	0.348	0.371			
2	46	0.409	0.421			
3	77	0.397	0.400	0.400	0.400	
4	107	0.381	0.376	0.381	0.376	
5	138	0.362	0.350	0.361	0.350	
6	168	0.344	0.326	0.341	0.325	
7	199	0.323	0.299	0.321	0.300	
8	229	0.301	0.276	0.301	0.275	
9	260	0.277	0.249	0.281	0.250	
10	290	0.249	0.211	0.261	0.225	
11	320			0.241	0.200	
12	350			0.222	0.175	
13	380			0.202	0.151	
14	412			0.181	0.124	
15	443			0.161	0.099	

Fuente: Canadian Dairy Information Center. Dairy production lactation curve.

<http://animsci.agrenv.mcgill.ca/courses/450/topics/11.pdf>.

El problema de los coeficientes originales de McGill es que no permite el cálculo para lactancias extendidas (más de 305 días en leche), por lo que se incrementó por medio de una regresión lineal, a partir de los 77 DEL y hasta los 260 DEL. Los parámetros obtenidos fueron, para vaquillas: $\text{Coef}_{1a} = -0.06546x + 0.4508792$ ($r^2 = 0.99616$), y para vacas adultas: $\text{Coef}_{\text{Adult}} = -0.0008244x + 0.46387621$ ($r^2 = 0.99986$).

Debido a que los coeficientes originales de McGill no incluyen el inicio de la lactancia y su pico se decidió ajustar un modelo matemático de regresión no lineal para interpolar todos los puntos en el tiempo. Para esto, se calcularon unos nuevos coeficientes a partir de la curva generada por los coeficientes originales de McGill, ajustándolos con la ecuación gamma incompleta de Wood (1967):

$$Y = a * t^b * \exp(-c*t)$$

Donde “a” es un parámetro que describe el máximo de la curva, “b” y “c” son parámetros de la curva, y “t” es el tiempo, en este caso, Días en Leche (DEL).

El ajuste de la curva se realizó por el método de los mínimos cuadrados utilizando el módulo de programación lineal SOLVER de la hoja de cálculo Excel (Microsoft). Los parámetros a, b, c para vacas adultas y vaquillas de primer parto calculados fueron, respectivamente, a: 0.2235466, 0.2040059, b: 0.2094196, 0.2167819 y c: 0.0041509, 0.0034993.

Incluyendo los nuevos coeficientes calculados por Wood, la ecuación de McGill queda así:

$$\text{Adultas: } \text{Proy305}_{\text{adultas}} = \text{kg@DEL} * (0.2235466 * \text{DEL}^{0.2094196} * \exp(-0.041509 * \text{DEL}) / 100$$

$$\text{Vaquillas: } \text{Proy305}_{\text{vaquillas}} = \text{kg@DEL} * (0.2040059 * \text{DEL}^{0.2167819} * \exp(-0.0034993 * \text{DEL}) / 100$$

A partir de estas ecuaciones se generó una matriz para calcular las curvas de lactancia completas para vacas adultas y vaquillas con proyecciones a 305 días, desde 1'000 hasta 15'000 kg. Para cada vaca y su Proy305, se calcularon las producciones por día en leche (kg@DEL), para cada día de la lactancia:

$$\text{kg@DEL} = \text{Proy305}/100 * \text{Coef@DEL}$$

2) Análisis de hatos lecheros. Se seleccionaron 6 hatos tecnificados (Tipo A) y 6 hatos con baja tecnificación (Tipo C) de la región de Aguascalientes y Altos de Jalisco para analizar su producción, raciones y costos de producción. Los datos fueron analizados por medio de ANOVA simple y separación de medias (Tukey HSD, $P < 0.05$).

Resultados y discusión

Los resultados graficados permiten ver todas las lactancias ajustadas a 305 días, lo que permite al ganadero y al asesor identificar rápidamente la Proy305 de una vaca, con sólo conocer los DEL a la pesada, y la producción de leche (Fig. 1).

Curvas de lactancia generadas por el modelo de coeficientes de McGill para determinar la proyección a 305 días

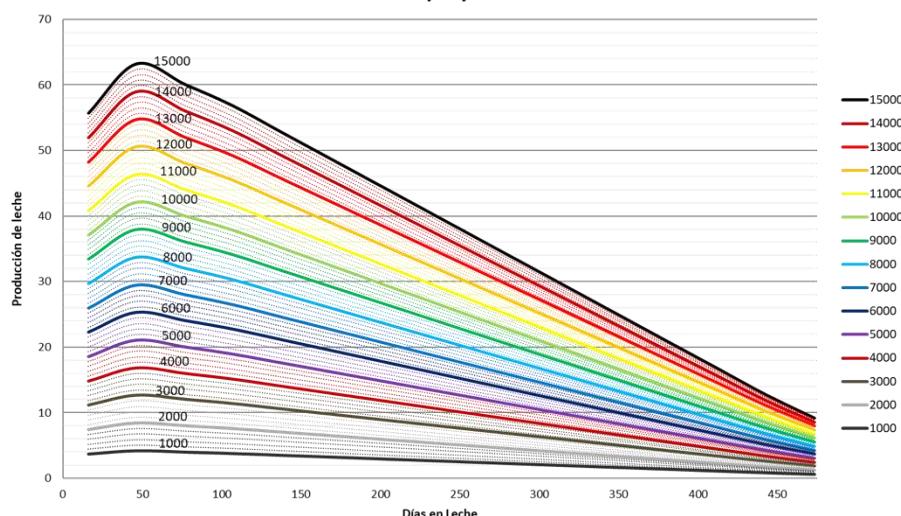


Figura 1. Curvas de lactancia generadas por el modelo de coeficientes de McGill para determinar la proyección a 305 días.

El análisis de los Ranchos Tipo A y C mostró una gran variabilidad en la producción y la proyección a 305 días, con animales desde 2'000 hasta 20'000 kg. El histograma de frecuencias muestra mejor el porcentaje de vacas por grupo de proyección (Fig. 2).

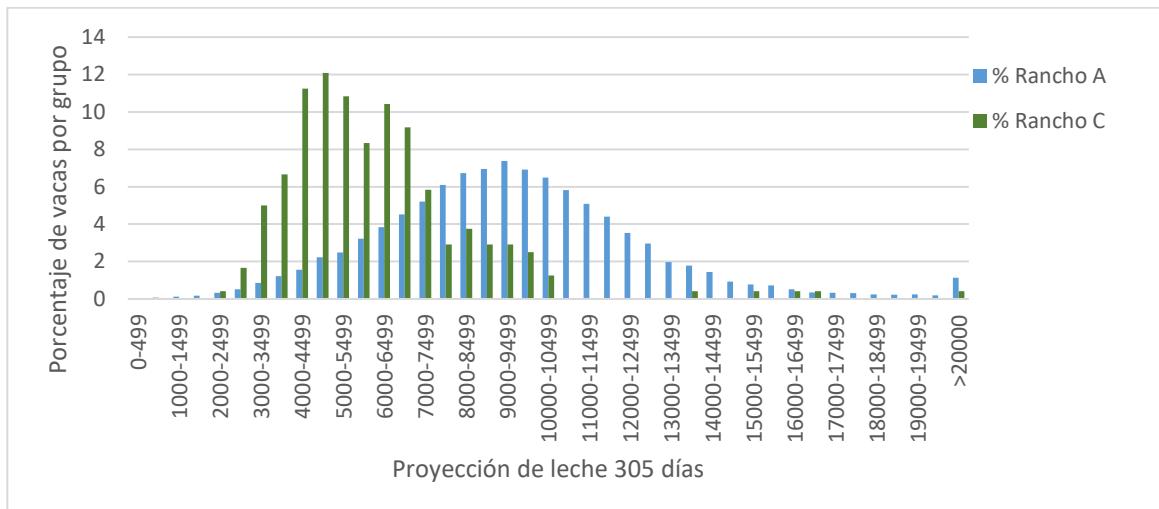


Figura 2. Histograma de frecuencias mostrando el porcentaje de animales por grupo de producción.

Sorpresivamente, en los Ranchos Tipo A se encontró un distribución normal de los animales, demostrando que no hay un programa de selección genética formal, donde 35% de los animales no se pagaban a sí mismos. En los Ranchos Tipo C, la gran mayoría de los animales está por debajo del punto de equilibrio, lo que afecta a la economía de los pequeños productores.

Los grandes hatos lecheros dependen de un programa de desecho voluntario de hasta el 25% para mejorar genéticamente (Fuhrman, 2006). La Proyección a 305 días permite identificar rápidamente a las vacas con potencial genético inferior, animales que no se pagan a sí mismas a lo largo de una lactancia, por lo que son sujetas a desecho una vez que su producción baje (Häubi-Segura y Gutiérrez-Lozano, 2015).

Conclusiones.

El análisis de las curvas de producción de leche a través del método de los coeficientes de McGill modificado permite calcular la proyección a 305 días de vacas en cualquier momento de su lactancia, convirtiéndolo en un método rápido y sencillo de selección y evaluación del ganado, así como para la investigación y el análisis económico.

Referencias bibliográficas

1. Alvizo-Flores, J.A. (2018). *Análisis de la eficiencia nutricional en la hatos lecheros altos productores del Estado de Aguascalientes*. Tesis de Maestría, Maestría en Ciencias con opción a Agronómicas o Veterinarias (MCAV), Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
2. Fuhrman T. (2006). *Managing the dairy farm: Key performance indicators*. Western Canadian Dairy Seminar Proceedings. URL: <http://www.wcds.ca>
3. Häubi Segura, C.U. & Gutiérrez Lozano, J.L. (2015). Evaluación de unidades familiares de producción lechera en Aguascalientes: estrategias para incrementar su producción y rentabilidad. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 19 (2) (mayo-agosto). pp. 7-34. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83742619002>> ISSN 0188-7890
4. López S., France J., Odongo N.E., McBride R.A., Kebreab E., McBride B.W. & Dijkstra J., (2015). On the analysis of Canadian Holstein dairy cow lactation curves using standard growth functions. *Journal of Dairy Science* [serial online]. April 2015; 98(4): 2701-2712. Available from: academic search complete, Ipswich, MA. Accessed May 19, 2016.
5. Wood P.D.P. (1967). Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature*. 216. 164-165. 10.1038/216164a0.

EFECTO DEL ESPESOR DE GRASA DORSAL Y PESO CORPORAL DE LAS CERDAS AL SERVICIO SOBRE SU RENDIMIENTO PRODUCTIVO.

Gerardo Ordaz^{1*}, Alberto G. Callejas², Manuel López², Rosa E. Pérez³, Ruy Ortiz²

¹CENID Fisiología, INIFAP, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UMSNH, Michoacán, Mexico. ³Facultad de Químico Farmacobiofisiología, UMSNH, Michoacán, Mexico.

* Autor para correspondencia: ordaz.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cerdas, grasa dorsal, lactancia.

Introducción

La creciente demanda de la población hacia el consumo de carnes magras ha propiciado un descenso considerable de las reservas de grasa en las cerdas de reposición. Por lo tanto, el monitoreo del espesor de grasa dorsal (EGD) en las cerdas ha sido prácticamente eliminado como criterio para la selección o para determinar el momento del servicio de las cerdas de reemplazo; ello, debido a los resultados contradictorios que se han reportado sobre la relación del EGD al momento del servicio con la productividad y longevidad de las cerdas (Patterson y Foxcroft, 2019). Al respecto, varias investigaciones indican que las reservas de grasa en los actuales genotipos de cerdas no tienen relación con indicadores de productividad, considerando al peso corporal (PC) como el indicador de mayor importancia con respecto al EGD (Kim et al., 2016). No obstante, se tienen reportes que indican que para indicadores reproductivos de importancia económica como lo son los lechones nacidos vivos, lechones destetados y pesos al destete, el EGD al momento del servicio juega un rol primordial debido a su asociación con el metabolismo del animal (Mosnier et al., 2010).

Objetivo

Determinar el efecto del EGD y PC de las cerdas al servicio sobre su rendimiento productivo.

Materiales y métodos

Este experimento se llevó a cabo en un sistema comercial de ciclo completo ubicado en el Bajío, México. Un total de 203 cerdas (Yorkshire x Landrace) fueron monitoreadas desde los ≈75 kg de PC hasta el destete. Desde los ≈75 kg de PC hasta el momento del servicio las cerdas fueron alojadas en corrales grupales. A partir de los ≈90 kg PC las cerdas recibieron estímulo con verracos maduros una vez al día durante 10 min. Las cerdas fueron servidas con un PC de 146 ± 9.1 kg y mínimo dos estros detectados por el verraco. Con el total de animales que se lograron servir (183 cerdas) se establecieron dos clasificaciones: 1) de acuerdo con el EGD, se agruparon en EGD bajo (<17 mm); moderado (17-20 mm) y, alto (>20 mm) y, 2) de acuerdo con su PC, se agruparon en cerdas con PC ligero (<140 kg), moderado (140-150 kg) y, alto (>150 kg).

Las cerdas fueron alimentadas de acuerdo con su etapa productiva con dietas en harina, desde los ≈75 kg de PC hasta el destete (Tabla 1). Las dietas fueron adicionadas con vitaminas y minerales para cumplir o superar los requerimientos recomendados por el NRC (2012) en cada etapa evaluada. Desde los ≈75 kg PC la alimentación fue restringida a ≈2.5 kg/cerda/día (≈8.0 Mcal de EM/día). Durante la gestación las cerdas se alimentaron de acuerdo con su puntuación de condición corporal (CC). Durante la lactancia la alimentación de las cerdas fue a libre acceso. Se registró el número total de lechones nacidos, nacidos vivos, nacidos muertos, momificados y peso de los lechones al nacimiento y destete y consumo de alimento en lactancia.

Tabla 1. Composición nutricional de las dietas

Composición nutricional estimada	Dietas		
	Remplazo	Gestación	Lactancia
EM, Mcal/kg	3.18	3.12	3.36
Proteína cruda, %	13.17	16.15	18.89
Lisina digestible, %	0.72	0.62	1.12
Treonina digestible, %	0.49	0.48	0.71
Ca total, %	0.47	0.55	0.57
P total, %	0.41	0.50	0.52
P digestible, %	0.18	0.25	0.26

Se determinó el PC de las cerdas y su EGD al momento del servicio, al ingresar a la sala de partos (entre los días 111 y 113 de gestación) y al destete. El EGD se midió en la posición P2 en ambos lados de la columna vertebral mediante un equipo de ultrasonido (Renco Lean Meter, S.E.C. Repro Inc., Québec, Canadá). Los valores de las dos mediciones se promediaron para obtener una única medición del EGD. Para el pesaje de los animales se utilizó una báscula electrónica fija (STG-1500-T1500SL, OCONY®; 1 – 1500 kg). Los lechones fueron pesados al nacimiento y al destete con una báscula digital (Dibatec®; 0.005 – 40 kg).

Todos los análisis estadísticos se realizaron con SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc, Cary, Carolina del Norte, EE. UU.). Los datos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar (PROC MIXED). La cerda fue la unidad experimental de análisis. Las clasificaciones tanto por EGD como por PC al servicio fueron los principales efectos probados. Se realizó un análisis categórico (PROC FREQ) a las cerdas por grupo de EGD y PC al servicio para determinar la proporción de animales al servicio, parto y destete de acuerdo con la ganancia o pérdida de grasa dorsal. Las diferencias entre las medias se determinaron mediante el método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans), con $\alpha \leq 0.05$.

Resultados y discusión

De acuerdo los cambios en el EGD de las cerdas durante la gestación y la lactancia, se observó que, el 64.7% de las cerdas con EGD bajo al servicio pasaron al rango de EGD moderado al parto (Tabla 2). Las cerdas con EGD moderado y alto se mantuvieron en el mismo rango (Tabla 2). Al destete, el 78.6% de las cerdas con EGD alto al servicio presentaron un EGD moderado (Tabla 2). De acuerdo con la clasificación por PC de las cerdas al servicio, cerdas con <140 kg, presentaron el mayor porcentaje (48.3%) con EGD bajo. No obstante, para cerdas entre 140 – 150 kg y >150 kg los mayores porcentajes se encontraron en el rango de EGD moderado (Tabla 4). En este sentido, se ha reportado (Young et al., 2001) relación positiva entre el EGD y el puntaje de CC, pero esta relación fue baja ($r=0.19$), debido a la variabilidad de ambas variables. Lo cual da la pauta a establecer que el PC no tiene una relación lineal lo suficientemente fuerte con respecto al EGD para considerarlo como variable umbral para determinar el momento del servicio de las cerdas.

Tabla 2. Porcentaje de cerdas en servicio, parto y destete para cada rango de espesor de grasa dorsal (EGD) de acuerdo con la clasificación por EGD y peso corporal de las cerdas al servicio

EGD	Servicio			Parto			Destete		
	EGD&, mm			EGD&, mm			EGD&, mm		
	<17	17 – 20	>20	<17	17 – 20	>20	<17	17 – 20	>20
<17	100	--	--	35.3	--	--	66.7	--	--
17 – 20	--	100	--	64.7	100	--	33.3	77.5	78.6
>20	--	--	100	--	--	100	--	22.5	21.4
PC&, kg			PC&, kg			PC&, kg			
<140			140 – 150			>150			
<17	48.3	28.9	16.4	24.3	8.9	--	36.2	20.0	6.6
17 – 20	44.8	39.9	44.3	24.1	20.0	16.4	51.7	73.4	68.9
>20	6.9	31.2	39.3	51.7	71.1	83.6	12.1	6.6	24.5

EGD=Espesor de grasa dorsal; PC=Peso corporal.

*Clasificación al momento del servicio de las cerdas.

Las cerdas con EGD bajo presentaron el mayor ($p<0.05$) consumo de alimento promedio diario durante la lactancia (Tabla 3). Para la clasificación del PC de las cerdas al servicio, el consumo de alimento promedio diario durante la lactancia no mostró diferencias (Tabla 3). Respecto al incremento en el PC de las cerdas al parto y su efecto en el consumo de alimento durante la lactancia, no se encontraron ($p>0.05$) diferencias entre las clasificaciones de PC establecidas (Tabla 3). El menor consumo de alimento debido a mayor EGD se ha asociado más a cuestiones metabólicas; en las cuales, el tejido graso tiene notable participación en la endocrinología de las hembras (Salieri et al., 2015). P. ej., la leptina, hormona secretada por los adipocitos, modula el apetito y el metabolismo. Se ha establecido (Mosnier et al., 2010) que durante el último tercio de gestación las cerdas desarrollan resistencia a la insulina, lo cual es más evidente en las cerdas gordas. Un balance energético positivo aumenta la concentración de leptina, lo que propicia menor sensibilidad a la insulina (Mosnier et al., 2010).

El rendimiento en lactancia se vio afectado ($p<0.0001$) por ambas clasificaciones (EGD y PC) de las cerdas al servicio (Tabla 3). La pérdida de peso de las cerdas después del parto fue mayor ($p<0.05$) en las cerdas con mayor EGD y mayor PC (Tabla 3). Dicho comportamiento fue igual para la pérdida de grasa dorsal

durante la lactancia en la clasificación de las cerdas de acuerdo con su EGD (Tabla 3). Para la clasificación de las cerdas de acuerdo con su PC al servicio, no se encontró diferencia ($p>0.05$) para la pérdida de grasa dorsal en lactancia (Tabla 3). El número total de lechones nacidos, nacidos vivos, y destetados fue mayor ($p<0.05$) en las cerdas con EGD moderado (Tabla 3). La clasificación por el PC de las cerdas al servicio no afectó ($p>0.05$) la productividad de las cerdas en lo que concierne a su camada (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto del espesor de grasa dorsal y peso corporal de las cerdas al servicio sobre su desempeño productivo en lactancia

Indicador	Espesor de grasa dorsal al servicio, mm				EEM	p-valor
	Bajo, <17	Moderado, 17-20	Alto, >20			
Consumo de alimento promedio, kg	4.5 ^a	4.1 ^b	3.4 ^c		0.097	<.0001
Peso de la cerda al parto, kg	186.2 ^a	191.4 ^b	193.0 ^b		1.646	0.0030
Peso de la cerda al destete, kg	154.8	157.7	154.9		1.343	0.0995
Pérdida de peso, kg	31.5 ^a	33.6 ^b	38.1 ^c		0.804	<.0001
Grasa dorsal al parto, mm	17.9 ^a	22.2 ^b	23.5 ^c		0.254	<.0001
Grasa dorsal al destete, mm	16.1 ^a	18.9 ^b	18.8 ^b		0.215	<.0001
Pérdida de grasa dorsal, mm	1.8 ^a	3.3 ^b	4.7 ^c		0.041	<.0001
Total de nacidos	12.7 ^a	13.7 ^b	12.4 ^a		0.332	0.0111
Nacidos vivos	11.3 ^a	11.9 ^b	10.9 ^a		0.270	0.0094
Destetados	10.1 ^a	10.6 ^b	10.0 ^a		0.259	0.0127
Peso del lechón al nacimiento	1.2	1.3	1.2		0.367	0.0665
Peso del lechón al destete	6.1 ^a	6.3 ^a	5.6 ^b		0.423	0.0061
Peso corporal al servicio, kg						
Indicador	Ligero, <140	Moderado, 140 – 150	Alto >150		EEM	p-valor
Consumo de alimento promedio, kg	4.3	4.0	4.1		0.114	0.0970
Peso de la cerda al parto, kg	180.2 ^a	190.1 ^b	201.0 ^c		0.695	<.0001
Peso de la cerda al destete, kg	149.1 ^a	156.5 ^b	162.9 ^c		0.897	<.0001
Pérdida de peso, kg	31.1 ^a	33.5 ^b	38.0 ^c		0.739	<.0001
Grasa dorsal al parto, mm	20.9	21.2	21.3		0.343	0.0883
Grasa dorsal al destete, mm	17.9	17.5	17.5		0.418	0.0935
Pérdida de grasa dorsal, mm	3.2	3.6	3.7		0.172	0.1643
Total de nacidos	12.8	13.5	13.0		0.355	0.3201
Nacidos vivos	11.2	11.8	11.3		0.260	0.2627
Destetados	10.0	10.5	10.1		0.270	0.2929
Peso del lechón al nacimiento	1.3	1.3	1.2		0.293	0.260
Peso del lechón al destete	6.0	6.1	6.1		0.405	0.2311

^{a,b,c} Literales diferentes indican diferencia estadística ($p<0.05$) dentro de fila.

Conclusiones

La asociación entre EGD y PC al servicio no representa un comportamiento lineal como para sugerir la viabilidad de utilizar el PC como variable umbral en la selección y manejo de los reemplazos. En consecuencia, es importante centrarse en el control y modulación de la deposición y remoción de grasa dorsal en las cerdas de acuerdo con el PC en cada etapa productiva si se quiere obtener una población de cerdas homogénea tanto en EGD como en productividad. Puesto que, se demostró que tanto el consumo de alimento, pérdida de peso, grasa dorsal en lactancia y desempeño de la camada son mayormente afectados por el EGD, ello con respecto al PC de la cerda al servicio.

Referencias bibliográficas

1. NRC, 2012. Nutrients requirements of swine, 12^{va} ed. The National Academies Press, Washington, DC.
2. Kim, J.S., et al. 2016. Relationship between body weight of primiparous sows during late gestation and subsequent reproductive efficiency over six parities. Asian-Australas J Anim Sci 29, 768–774.
3. Mosnier, E., et al. 2010. The metabolic status during the peri partum period affects the voluntary feed intake and the metabolism of the lactating multiparous sow. Livest Sci 127, 127–136.
4. Patterson, J., Foxcroft, G., 2019. Gilt management for fertility and longevity. Animals 9, 1–15.
5. Saleri, R., et al. 2015. Monitoring blood plasma leptin and lactogenic hormones in pregnant sows. Animal 9, 629–634.
6. Young, M.G., et al. 2001. The relationship between body condition score and backfat in gestating sows (2001). Swine Day 5–9.

EFECTO DE DIETAS CON DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES Y ACEITES ESENCIALES EN CANAL DE POLLOS DE ENGORDA EN ESTRÉS CALÓRICO.

Jorge H. García-García^{1*}, Flaviano Benavides-González¹, Elvia M. Romero Treviño², Enrique Corona-Barrera¹, Fidel Infante-Rodríguez¹, Jorge Loredo-Osti¹, Jaime Salinas-Chavira¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Altamira.

*Autor para correspondencia: hiram.garg@hotmail.com

Palabras clave: Estrés calórico, dietas, canal de pollos.

Introducción

En México el consumo per cápita de carne de pollo es 33.4 kg/año. Del consumo total de carne de pollo, cerca del 85% se produjó en México (3,665,000 t), y el resto fue importada (605,000 t). La mayor producción de pollos de engorda se encuentra en zonas del país con climas cálidos que incluyen clima tropical y subtropical, así como otras localidades con veranos cálidos (UNA, 2021). Los pollos de engorda son sensibles al estrés por calor. En total, el estrés calórico en pollos de engorda altera su fisiología y metabolismo, deprime el sistema inmune, reduce consumo de alimento y ganancia de peso, altera la calidad de la carne y aumenta la mortalidad. Como consecuencia, el estrés por calor infinge enormes pérdidas económicas a la industria avícola (Emami et al. 2021).

Las estrategias nutricionales que pueden contribuir a aliviar el estrés por calor en pollos de engorda incluyen la restricción de alimento y la suplementación con fitoquímicos (fitomoléculas). La restricción de alimento casi no se utiliza en la producción comercial debido a la baja practicidad en el manejo de la alimentación, además que los animales requieren más días para lograr el peso al sacrificio (Wasti et al. 2020). Las fitomoléculas contienen metabolitos secundarios de las plantas como principios activos, e incluyen diferentes extractos, aceites esenciales y compuestos puros que fueron aislados de las plantas (Wasti et al. 2020). Los fitoquímicos mejoran la fisiología y el metabolismo de los pollos de engorda de diferentes maneras. Los fitoquímicos reducen el estrés oxidativo al reducir los radicales libres del metabolismo; además, mejoran la digestibilidad de los nutrientes, reducen la temperatura corporal y microorganismos intestinales potencialmente patógenos, mejoran el sistema inmunológico, entre otras variables que se ven en mejor del rendimiento de los pollos de engorda. Junto con los fitoquímicos se deben considerar otras prácticas de manejo de manera holística para disminuir el estrés por calor en pollos de engorda en producción (Wasti et al. 2020).

Hasta donde nosotros sabemos, no hay informes previos de investigación en la reducción de nutrientes en la dieta y aceites esenciales de orégano y canela en evaluaciones de la canal de pollos de engorda en estrés calórico.

Objetivo

Evaluar el efecto dietas con diferentes niveles de proteína cruda y energía metabolizable y aceites esenciales en características de la canal de pollos de engorda criados durante la estación cálida en clima tropical seco.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, con clima de trópico seco. Durante el estudio (29 junio a 10 agosto de 2023), el promedio general de temperatura fue 32 °C, con mínimas de 26 °C y máximas de 38 °C; en el mismo orden, la humedad relativa (%) fue 56.7, 37.0, y 76.8. Estas condiciones climáticas denotan estrés por calor en los pollos de este estudio. Se utilizaron 200 pollos Ross de 1 d y 44.5 g de peso promedio. Los pollos se distribuyeron aleatoriamente en 20 jaulas en piso. Cada jaula alojó 10 pollos (5 machos y 5 hembras) y se criaron por 42 d (21 d de inicio y 21 d de finalizado). Se consideraron 4 dietas o tratamientos (T). Dos dietas con diferente concentración de nutrientes (dietas estándar, DES; y dietas reducidas, DRE), y 2 niveles de aceites esenciales (AE; 0 ppm y 200 ppm). De esta forma los 4 tratamientos fueron: T1 (DES + 0 ppm AE); T2 (DES + 200 ppm AE); T3 (DRE + 0 ppm AE); y T4 (DRE + 200 ppm AE). Los AE consistieron en una mezcla micro-encapsulada de cinamaldehido con carvacrol obtenidos de oregano y canela,

respectivamente. Las DRE se formularon con 10% menos proteína cruda y 10% menos energía metabolizable, tanto en inicio como en finalizado. Las dietas se muestran en el Cuadro 1.

Al final del experimento, dos pollos por jaula fueron seleccionados al azar para ser sacrificados por dislocación cervical de acuerdo con la norma oficial mexicana para la determinación de las características de la canal. El peso de la canal sin vísceras se utilizó para estimar el rendimiento de la canal caliente. La canal se diseccionó para cortes principales como: pechuga, muslos con pierna, alas, y dorso. Los datos se analizaron en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2×2 . Los efectos principales fueron las dietas (STD y RED) y los AE (0 ppm y 200 ppm), así como la interacción entre ellos. La réplica fue el promedio de dos aves por jaula. La significancia fue declarada en $p \leq 0.05$. La tendencia fue entre $p > 0.05$ y $p < 0.10$. Para los análisis estadísticos se utilizó el procedimiento GLM de SAS.

Cuadro 1. Dietas experimentales para las fases de inicio (INI, 1-21 d) y finalizado (FIN, 22-42 d)

Ingredientes (% base seca)	DIETAS STD ¹				DIETAS RED ¹			
	0 ppm AE		200 ppm AE		0 ppm AE		200 ppm AE	
	INI	FIN	INI	FIN	INI	FIN	INI	FIN
Grano de sorgo	54.1	61.4	54.08	61.38	65.20	71.0	65.18	70.98
Harina de soya	37.4	30.1	37.4	30.10	30.50	24.0	30.50	24.0
Aceite vegetal	4.5	4.5	4.5	4.5	0.30	1.0	0.30	1.0
Aceites esenciales (AE)	0.0	0.0	0.02	0.02	0.00	0.0	0.02	0.02
Premix ²	4.0	4.0	4.0	4.0	4.00	4.0	4.00	4.0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrientes								
Proteína cruda, %	21.4	18.7	21.4	18.7	19.20	16.8	19.20	16.8
EM, kcal/kg	3040	3120	3040	3120	2730	2890	2730	2890

¹STD= estandar, RED= Reducidas (10% menos proteína y 10% menos energía que dietas STD)

²Premezcla de vitaminas minerales y aminoacidos

Resultados y discusión

Los efectos de los tratamientos sobre las características de la canal de los pollos de engorda se muestran en el Cuadro 2. Los tratamientos no influyeron ($p \geq 0.14$) en los valores de rendimiento de canal, pechuga, pH o temperatura de la carne. El peso de la canal caliente fue 16.74% mayor ($p < 0.01$; efecto principal) en los pollos alimentados con las dietas STD que en los que recibieron las dietas RED. Los pollos alimentados con dietas con baja concentración de nutrientes tuvieron mayores rendimientos de pierna-muslo ($p = 0.01$; efecto principal), espalda ($p = 0.01$; efecto principal) y alas ($p < 0.01$; efecto principal) en comparación con los pollos que recibieron las dietas STD. Los valores promedio de rendimiento de pierna-muslo fueron de 26.5% y 28.0%, espalda 20.7% y 21.9%, y alas 11.7% y 12.8%, para pollos alimentados con las dietas STD y RED, respectivamente. La adición de AE no influyó ($p \geq 0.11$) en las evaluaciones de la canal.

El menor peso de la canal de los pollos de engorde alimentados con las dietas RED en comparación con los pollos alimentados con dietas de STD fue un resultado esperado, ya que está de acuerdo con el peso vivo final de los pollos en sus respectivas dietas.

Los pollos alimentados con dietas RED mostraron un mayor rendimiento pierna-muslo, rendimiento de espalda y/o rendimiento de alas. En el estudio actual, las condiciones de estrés por calor podrían contribuir a un mayor rendimiento de piernas-muslos o alas de pollos de engorde. Emami et al. (2021) en atribuyó el efecto de un mayor desarrollo de los músculos al movimiento de las aves, por lo que la sangre se dirigió a las piernas y las alas como mecanismo de disipación de calor.

En el presente estudio, las características de la canal de los pollos de engorde no se vieron influenciadas por la adición de AE. Estas diferencias podrían estar relacionadas con diferencias en las preparaciones de AE (plantas, métodos de extracción, combinaciones de AE) y su concentración, pero también con diferentes condiciones experimentales en las que se han llevado a cabo los estudios, así como con la composición de la dieta. Además de eso, el estrés por calor podría contribuir a las diferentes respuestas en las características de la canal cuando los pollos se complementan con AE. Yilmaz y Gull (2022) encontraron

una mejora moderada en el rendimiento de la canal de los pollos de engorde con adición de AE en condiciones de estrés térmico.

Los valores de pH están cerca de la neutralidad, esto se debe a que se midieron antes del rigor mortis cuando no se había producido ácido láctico de la glucólisis anaeróbica post-mortem (Chauhan y England, 2018). Estos valores, junto con los de la temperatura de la carne, no fueron influenciados por la concentración de nutrientes en las dietas ni por la suplementación con AE.

Cuadro 2. Características registradas en la canal de pollos de engorda en el estudio

	DIETAS STD		DIETAS RED		EEM	p (efectos principales)		
	0 ppm AE	200 ppm AE	0 ppm AE	200 ppm AE		Dieta	AE	Dieta × AE
Peso canal caliente, g	3125	3220	2640	2795	81	<0.01	0.36	0.82
R canal, % ¹	78.3	79.2	78.4	78.9	0.37	0.89	0.42	0.81
R pechuga, %	37.0	36.7	34.7	35.0	0.65	0.14	0.99	0.80
R muslo + pierna, %	26.5	26.5	28.6	27.3	0.30	0.01	0.23	0.22
R espalda, %	20.5	20.9	22.2	21.6	0.28	0.03	0.88	0.33
R alas, %	12.0	11.3	13.0	12.6	0.22	<0.01	0.13	0.68
pH	6.9	6.9	6.8	6.8	0.05	0.36	0.81	0.94
Temperatura, °C	40.7	41.3	39.6	41.0	0.31	0.24	0.11	0.52

¹R= rendimiento; R en canal = (peso de la canal, g / peso vivo, g) × 100

Conclusiones

Las condiciones ambientales naturales en las que se desarrolló el estudio implicaron estrés por calor en los pollos de engorda. En estas condiciones climáticas, la reducción en la concentración de nutrientes en las dietas ocasionó reducción en el peso de la canal así como el incremento en el rendimiento de pierna y muslo, espalda y alas. No se observó efecto de los aceites esenciales o de la interacción de dieta con los aceites esenciales en las características de la canal.

Referencias bibliográficas

1. Chauhan, S.S., & England, E.M. (2018). Postmortem glycolysis and glycogenolysis: insights from species comparisons. *Meat Science*, (14), 118-126
2. Emami, N. K., Greene, E. S., Kogut, M. H., & Dridi, S. (2021). Heat stress and feed restriction distinctly affect performance, carcass and meat yield, intestinal integrity, and inflammatory (chemo) cytokines in broiler chickens. *Frontiers in Physiology*, 12, 707757. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.707757>
3. UNA. 2021, Union Nacional de Avicultores. Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola. Disponible en: <https://una.org.mx/indicadores-economicos/>
4. Wasti, S., Sah, N., & Mishra, B. (2020). Impact of heat stress on poultry health and performances, and potential mitigation strategies. *Animals*, 10(8), 1266. doi:10.3390/ani10081266
5. Yilmaz, E., & Gul, M. (2023). Effects of cumin (*Cuminum cyminum L.*) essential oil and chronic heat stress on growth performance, carcass characteristics, serum biochemistry, antioxidant enzyme activity, and intestinal microbiology in broiler chickens. *Veterinary Research Communications*, 47(2), 861-875. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10073-6>

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS DE ENGORDA ROSS Y COBB ALIMENTADOS CON DIETAS EN HARINA O MIGAJA.

Antony Kevin Sánchez de la Rosa*, Alma Selene Vázquez Delgado, Jorge Miguel Iriarte, Arturo Cortes Cuevas, Ernesto Ávila González.

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, FMVZ-UNAM.

*Autor para correspondencia: kevinantony3011@gmail.com

Palabras clave: Ross 308, Cobb 500, harina, migaja.

Resumen

La investigación se realizó con la finalidad de estudiar la respuesta en el rendimiento productivo en pollos de engorda Ross 308 y Cobb 500 alimentados con dietas en harina y migaja de 1-49 días de edad. Se emplearon 600 pollos distribuidos en 4 tratamientos con 6 réplicas de 25 pollos cada una, los tratamientos fueron: 1-Estirpe Ross 308 alimentados con harina. 2- Estirpe Cobb 500 alimentados con harina. 3- Estirpe Ross 308 alimentados con migaja. 4-estirpe Cobb 500 alimentados con migaja, separados por sexo (3 réplicas de hembras y 3 de machos). Se manejaron dos etapas de alimentación; iniciación del día 1 al 21 y finalización del día 22 al 49. Los resultados para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad fueron diferentes ($P<0.001$) entre tratamientos, con mayor ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad general en los pollos alimentados con migaja, seguidos por los pollos alimentados en forma de harina.

Introducción

De acuerdo a los manuales de manejo y producción de las casas comerciales de pollos de engorda, el pollo Ross 308 tiene una conformación robusta, especialmente en la pechuga, con un aspecto redondeado, presenta buenos parámetros productivos como velocidad de crecimiento y una adecuada conversión alimenticia. El pollo Cobb 500 presenta un crecimiento acelerado y un rápido desarrollo de la pechuga. Algunos autores señalan que los ritmos de crecimiento corporal y eficiencia alimenticia entre ambas estirpes no han cambiado sustancialmente por la selección genética (Sakomura et al 2011). Sin embargo, otros investigadores señalan que tanto Cobb como Ross tienen diferente desarrollo embrionario y con diferentes patrones de crecimiento cuando llegan al finalizar el ciclo productivo (Tona et. al. 2010; Nangsuay et. al. 2015). Se ha informado que los pollos crecen de forma más lenta cuando son alimentados con dietas en presentación en forma de harinas en comparación con los pollos alimentados con dietas en presentación granulada o pellet. (Lesson y Summers 2009, Lemme et al 2006).

Objetivo

Evaluar dos estirpes comerciales (Ross 308 y Cobb 500), alimentados con dos formas de presentación del alimento (Harina y pelet) tanto en machos como en hembras y medir su efecto en los parámetros productivos.

Materiales y métodos

Se utilizaron 600 pollos de engorda de las líneas genéticas Ross 308 y Cobb 500 de 1 día de edad, los cuales se obtendrán de dos incubadoras comerciales ubicadas en el estado de Morelos. Las aves serán distribuidas en 4 tratamientos con 6 réplicas de 25 pollos cada una, la crianza se llevará a cabo por sexos separados (3 réplicas de macho y 3 de hembras). Los tratamientos quedaron de la siguiente forma:

Tratamiento 1: Pollos Ross 308 alimentados con harina.

Tratamiento 2: Pollos Cobb 500 alimentados con harina.

Tratamiento 3: Pollos Ross 308 alimentados con migaja.

Tratamiento 4: Pollos Cobb 500 alimentados con migaja.

Se manejaron dos etapas de alimentación para los cuatro tratamientos; Iniciación de 1 a 21 días de edad (22% de PC y 3000 kcal/kg de EM) y finalización de 22 a 49 días de edad (20% de PC y 3150 kcal/kg de EM). La inclusión de xantofilas (flor de cempasúchil) será de 90 ppm por tonelada de alimento a partir de los 21 días de edad.

La presentación en forma de migaja será alimento de marca comercial Malta Cleyton^{MR}. El alimento en harina se preparará en la planta de alimentos del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv).

Resultados

Los resultados para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad fueron diferentes estadísticamente ($P<0.001$) con mejores resultados en los pollos alimentados con dietas en forma de migaja respecto a los pollos alimentados con dietas en harina.

Discusión y conclusiones

La literatura reporta que las líneas genéticas que han mostrado mejoras en el sistema cardiovascular son Ross y Cobb, no obstante, al ser criadas por arriba de 2.400 msnm presentan aumento de la mortalidad y disminución de la eficiencia productiva. Jaramillo A. et al (32) Realizó un estudio en Colombia, a una altura de 2.550 msnm, donde evaluó la mortalidad por ascitis en dos líneas genéticas; Cobb Avian 48 y Ross 308, comparadas con la alimentación a libre acceso en harina y migaja, donde encontraron resultados similares a los encontrados en el presente estudio, con mayor rendimiento productivo en pelet respecto a la presentación en harina y sin diferencias entre estirpes.

Cuadro 1. Resultados promedio (macho y hembra) de efectos principales para los parámetros productivos en pollos de 1 a 49 días de edad.

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia (gxg)	Mortalidad (%)
Ross Harina	3357b	5989a	1.78a	1.5a
Cobb Harina	3392b	5976b	1.76a	2.7a
Ross migaja	3453a	5957b	1.72b	7.8b
Cobb migaja	3432a	5946c	1.73b	8.3b

Referencias bibliográficas

1. Aviagen Ross 308. Objetivos de rendimiento parvada mixta. [Internet]. 2022
2. Vantress Cobb. Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición. Objetivos de desempeño [Internet]. 2022.
3. Sakomura N.K., Gous R.M., Marcato S.M., and Fernández J.B.K. A description of the growth of the major body components of 2 broiler chicken strains. 2011. Poultry Science. 90:2888-2896.
4. Tona K., Onagbesan O.M., Kamers B., Everaert N., Bruggeman V., and Decuypere E. Comparision of Cobb and Ross strains in embryo physiology and chick and juvenile growth. 2010. Poultry Science 89:1677-1683.
5. Leeson S, Summers JD. Broiler Breeder Production. 3rd ed. Wisconsin-Madison: Nottingham University Press; Reprint edition (April 1, 2010); 2009.

RESPUESTA PRODUCTIVA EN OVINOS ALIMENTADOS EN DIETAS CON ENSILAJE DE PASTO ELEFANTE [*CENCHRUS PURPUREUS* (SCHUMACH.) MORRONE].

Miguel Ruiz-Albarrán¹, Manuel González-Ronquillo², Jaime Salinas-Chavira¹, Robin C. Anderson³ · Michael E. Hume³, Nadia Alejandra Sánchez-Guerra^{1*}

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tam. 87000, Mexico, ²Departamento de Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100 Ote. Toluca. México.

³United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Southern Plains Agricultural Research Center, Food & Feed Safety Research Unit, College Station, Texas 77845, USA.

*Autor para correspondencia: mvznadia_sanchez@hotmail.com

Palabras clave: Ensilajes, pasto elefante, ovinos.

Introducción

La producción ganadera enfrenta desafíos constantes, especialmente en regiones donde la disponibilidad calidad del forraje es variable debido a condiciones climáticas. El ovino, al ser un rumiante, depende en gran medida de los forrajes para su alimentación, lo que hace que la calidad de los forrajes pueda afectar significativamente su productividad. Ante esta variabilidad estacional, la conservación de forrajes mediante ensilajes emerge como una estrategia clave para mantener la calidad nutritiva, apoyando a la alimentación durante los períodos de escasez (Sánchez-Guerra et al., 2024). Entre las opciones de forraje para ensilado, los de tipo C4 como el pasto elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone], se destaca la composición nutricional. A pesar de las ventajas de este, su alto contenido de humedad presenta un desafío para la conservación, ya que puede favorecer la fermentación butírica y acelerar el deterioro del ensilado. No obstante, diversos trabajos han destacado su uso en forma de ensilaje (Sánchez-Guerra et al., 2024; Wilkinson & Rinne, 2018). Si bien existen estudios que han determinado las características de crecimiento y calidad nutritiva del pasto elefante, así como las características de fermentación *in vitro* de sus ensilajes, la investigación sobre su uso en forma de ensilaje en la especie ovina es limitada. Estimar variables como la conversión alimenticia y la ganancia diaria de peso resulta fundamental para mejorar la rentabilidad de los sistemas de producción ovina (Lima et al., 2017). Además, la medición de la grasa dorsal y el área del *Longissimus dorsi* pueden servir como indicadores de calidad de la carne, lo cual puede influir en el consumo y la comercialización (de Castro et al., 2022; Van Der Merwe et al., 2022). En este contexto, este estudio busca evaluar la respuesta productiva al uso de pasto elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone], en forma de ensilaje, y su impacto en la productividad y algunos indicadores de calidad de la carne ovina.

Objetivo

Evaluar la respuesta productiva de ovinos alimentados con ensilaje de pasto elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone], en términos de conversión alimenticia, ganancia diaria de peso, grasa dorsal y el área del *Longissimus dorsi*, con el fin de determinar su viabilidad como alternativa alimenticia en sistemas de producción de zonas tropicales y subtropicales.

Materiales y métodos

La localización del experimento se llevó a cabo en la Posta Zootécnica, situada dentro de las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en Ciudad Victoria, Tamaulipas. Sus coordenadas geográficas son 23° 44' 06'' de latitud norte y 97° 09' 50'' de longitud oeste, a una altitud de 340 metros sobre el nivel del mar. El clima predominante es semi seco y semi cálido (SMN), con una temperatura media anual de 25°C y precipitaciones anuales de 900 mm. Se emplearon 16 borregos de cruzas comerciales (Pelibuey x Dorper), de 15 ± 3 kilogramos de peso vivo (PV), distribuidos con un diseño experimental completamente al azar (DCA) en cuatro tratamientos, cada tratamiento contaba con 4 individuos, fueron alojados en jaulas elevadas equipadas con comedero y bebedero. Los animales tuvieron un periodo de adaptación al alimento de 15 días, fueron identificados y se les realizó un manejo sanitario preventivo. Los tratamientos (Tabla 1) consistieron en la elaboración de cuatro raciones (Tabla 1), mediante la sustitución de la soca de sorgo del alimento comercial por ensilaje de pasto elefante en diferentes proporciones, donde T0% sólo contiene soca de sorgo como fuente de fibra,

en la T25% se sustituye el 25%, en la T50% el 50% y en la T75% el 75%; en todas las raciones se incluyó la mitad del grano de sorgo molido y la otra mitad del grano entero. Las raciones se formularon para contener un 14.63% de PC y 3.05 Mcal/kg de EM. Se analizó la composición química de cada tratamiento y del ensilaje (Tabla 1) siguiendo los métodos rutinarios; así como variables de consumo: consumo de materia seca (CMS), consumo de energía metabolizable (CEM), consumo de proteína cruda (CPC) y consumo de fibra detergente neutro (CFDN), y variables productivas: ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y medición de grasa dorsal (GD) y área de *Longissimus dorsi* (Tabla 2). Las variables se analizaron utilizando un modelo lineal general, a través del procedimiento GLM en el SAS 9.0 (SAS, 2009). La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$); para GD y LD se utilizó ($P < 0.10$).

Resultados y discusión

El análisis químico proximal y de fibras de las dietas utilizadas se presentan en la Tabla 1. Observándose características similares entre las dietas. La PC entre las dietas presentó variaciones entre 17.08% y 21.25%, con rangos por encima de los requerimientos nutricionales de los animales en estudio; mientras que la EM se mantuvo constante entre 2.9 y 3.3 Mcal/kg en los diferentes tratamientos y con digestibilidades superiores al 79%. Las variables de consumo (T2) no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). Esto sugiere que la inclusión del ensilaje de pasto elefante no afectó la palatabilidad del alimento para los ovinos, lo cual es consistente con estudios previos que señalan la importancia del tamaño de partícula, la digestibilidad y la fibra en la palatabilidad de los ensilajes (Sánchez-Guerra et al., 2024; Wilkinson & Rinne, 2018). La ganancia diaria de peso (Tabla 2) no difirió significativamente entre los tratamientos, sin embargo, se observó una diferencia significativa ($P \leq 0.10$) en GD y LD, siendo mayor en el tratamiento T75%. Esto sugiere que la inclusión de ensilaje de pasto elefante al 75% puede promover una mayor deposición de grasa dorsal y área de LD; lo que podría mejorar la calidad de la canal y las características organolépticas de la carne ovina (de Castro et al., 2022; Van Der Merwe et al., 2022). Aunque todos los tratamientos mostraron una ganancia diaria de peso similar, los tratamientos T75% y T0% fueron superiores numéricamente en ganancia de peso.

Tabla 1. Ingredientes y composición química de los tratamientos y ensilaje de pasto elefante. Tratamientos; T0%; sin ensilaje, T25%; 25% de ensilaje, T50%; 50% de ensilaje, T75%; 75% de ensilaje. ELN; extracto libre de nitrógeno, FDN; fibra detergente neutra, FDA; fibra detergente ácida, DIVMS; digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Ingrediente (%)	Tratamientos (% de ensilaje en dietas)				Ensilaje de pasto elefante
	T0%	T25%	T50%	T75%	
Sorgo, grano	66.39	67.01	67.87	68.51	
Soya, harina	14.81	14.71	14.48	14.31	
Melaza	4.00	4.00	4.00	4.00	
Soca de sorgo	9.23	6.92	4.62	2.31	
Ensilaje de pasto elefante	0.00	2.31	4.62	6.92	
Grasa	3.07	2.60	2.01	1.58	
Urea	0.30	0.25	0.21	0.17	
Sal	0.20	0.20	0.20	0.20	
Minerales	2.00	2.00	2.00	2.00	
Composición química					
Materia seca, MS (%)	90.4	89.9	89.1	88.9	22.1
Cenizas (%)	8.74	6.70	5.38	5.94	13.04
Extracto etéreo (%)	5.53	4.52	4.35	5.18	2.02
Proteína Cruda (%)	20.30	21.25	17.08	19.00	7.34
Fibra cruda (%)	5.67	4.58	4.50	5.32	34.02
ELN (%)	59.76	62.95	68.68	64.57	43.59
FDN (%)	45.35	44.71	47.44	45.21	69.73
FDA (%)	16.01	18.25	14.67	16.54	53.54
DIVMS (%)	87.36	79.56	92.35	88.51	50.05
EM (Mcal/kg)	3.2	2.9	3.3	3.2	2.1

Tabla 2. Efecto de tratamiento en comportamiento productivo de los ovinos. CMS; Consumo de materia seca, CEM; Consumo de energía metabolizable en base seca, CPC; Consumo de proteína cruda en base seca, CFDN; Consumo de fibra detergente neutro; GDP; Ganancia diaria de peso, CA: Conversión alimenticia, GD: Grasa dorsal, LD: *Longissimus dorsi*. EEM; Error estándar de la media, ab Literales diferentes entre columnas indican diferencia estadística, para GD y LD se utilizó ($P \leq 0.10$).

	Tratamientos (% ensilaje en dietas)				EEM	Probabilidad
	T0%	T25%	T50%	T75%		
Variables de consumo						
CMS (g/d)	631	636	522	640	146.7	0.623
CEM (Mcal/kg)	2.02	1.85	1.72	2.05	0.469	0.725
CPC (g/d)	128	135	89	122	27.6	0.142
CFDN (g/d)	287	285	248	289	67.6	0.796
Variables de comportamiento productivo						
GDP (g/d)	172	157	114	165	0.053	0.448
CA	4.04	4.24	5.41	4.34	0.679	0.528
GD (mm)	0.762 ^{ab}	0.631 ^b	0.700 ^{ab}	0.928 ^a	0.141	0.060
LD (cm ²)	7.3 ^{ab}	6.7 ^c	7.4 ^{ab}	9.6 ^a	1.514	0.080

Conclusiones

La inclusión de ensilaje de pasto elefante en las dietas no afectó el consumo, ganancia de peso o conversión alimenticia de los ovinos. Mayor sustitución de soca por ensilaje resultó en mayor deposición de grasa dorsal y área de *Longissimus dorsi*, lo que apunta a posible mejora en la calidad de la carne. Estos hallazgos sugieren que el ensilaje de pasto elefante puede ser una alternativa viable para mejorar la productividad y calidad de la carne en sistemas de producción ovina en zonas tropicales y subtropicales.

Referencias bibliográficas

- de Castro, D. P., Santos, A. K. de S., Silva, A. P. S. e., Silva, T. de S., Sena, L. S., Sarmento, J. L. R., Biagiotti, D., & Santos, N. P. da S. (2022). Inclusion of covariates in the animal model for the genetic evaluation of sheep for ultrasound measurement of the Longissimus thoracis et lumborum muscle area. *Small Ruminant Research: The Journal of the International Goat Association*, 209(106655), 106655. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106655>
- Lima, N. L. L., Ribeiro, C. R. de F., Sá, H. C. M. de, Leopoldino-Júnior, I., Cavalcanti, L. F. L., Santana, R. A. V., Furusho-Garcia, I. F., & Pereira, I. G. (2017). Economic analysis, performance, and feed efficiency in feedlot lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(10), 821–829. <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017001000005>
- Sánchez-Guerra, N. A., Gonzalez-Ronquillo, M., Anderson, R. C., Hume, M. E., Ruiz-Albarrán, M., Bautista-Martínez, Y., Zúñiga-Serrano, A., Nájera-Pedraza, O. G., & Salinas-Chavira, J. (2024). Improvements in fermentation and nutritive quality of elephant grass [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] silages: a review. *Tropical Animal Health and Production*, 56(5). <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04027-6>
- Van Der Merwe, D. A., Brand, T. S., Steyn, S., & Hoffman, L. C. (2022). Using ultrasound to predict fat deposition in growing lambs of different South African sheep breed types. *Small Ruminant Research: The Journal of the International Goat Association*, 210(106670), 106670. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106670>
- Wilkinson, J. M., & Rinne, M. (2018). Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science: The Journal of the British Grassland Society*, 73(1), 40–52. <https://doi.org/10.1111/gfs.12327>

ANÁLISIS SENSORIAL Y ACEPTACIÓN POTENCIAL DEL CONSUMO DE LA CARNE DE CONEJOS (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*) ALIMENTADOS CON LINAZA (*linum usitatissimum*).

Alessandra Mendoza-Castillo¹, Ignacio Mejía-Haro^{1,*}, Leticia Medina-Esparza¹, Gustavo Tirado-Estrada², Deli Nazmín Tirado-González^{2,*}

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL)/Tecnológico Nacional de México (TecNM). Carr. Ags.-SLP km. 18.5, El Llano, Aguascalientes, C.P. 20330, México.

²Departamento de Ingenierías, Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL)/Tecnológico Nacional de México (TecNM). Carr. Ags.-SLP km. 18.5, El Llano, Aguascalientes, C.P. 20330, México.

*Autor para Correspondencia: ignacio.mh@llano.tecnm.mx; deli.tg@llano.tecnm.mx

Palabras clave: Producción sostenible, carne de conejo, análisis sensoriales.

Introducción

La población mundial está experimentando un crecimiento constante, lo que ha llevado a un aumento en la demanda de alimentos. Para satisfacer las necesidades alimentarias de la creciente población, es necesario encontrar formas eficientes de producir carne. Lebas et al. (1997) en su publicación con la FAO, explicaban cómo producción y consumo de la carne de conejo podría ser una alternativa sustentable para el futuro ya que el conejo es de fácil manejo y posee alta fertilidad y prolificidad, lo que permite una rápida expansión de la población y una producción continua de carne (Castellini et al., 2010), representando una alternativa sostenible por sus bajos costos ambientales y económicos. La carne de conejo contiene mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, que le confieren características funcionales y de alto valor nutricional e inocua para el consumo humano (Villanueva-Díaz et al., 2023). A pesar del potencial del conejo, en México su producción y consumo no es ampliamente aceptado, debido a falta de conocimiento de los potenciales consumidores.

Objetivo

Analizar la aceptación potencial del consumo de la carne de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) suplementados con semilla de linaza (*Linum usitatissimum*) en función de sus características sensoriales y de palatabilidad.

Materiales y métodos

Ubicación. El estudio se realizó en las instalaciones del TecNM/ITEL, en el Laboratorio de Nutrición Animal, ubicado en El Llano, Aguascalientes, México (21° 55' 07" N y 101° 57' 55" O; altitud de 2031 m.s.n.m); con un clima semiseco templado (BS_{1k}, Kóppen).

Material biológico y manejo animal. Se utilizaron 30 conejos machos de la crusa Nueva Zelanda y California de 45 días de edad con un peso de 516 g, los cuales se instalaron en jaulas metálicas provistas de chupón, por parejas y se pesaron al inicio y durante el período experimental. La alimentación y consumo de líquidos fue *ad libitum* utilizando dietas isoenergeticas e isoproteicas. Los ingredientes de las dietas fueron pesados en una báscula digital molidos y finalmente peletizados. La dieta base estuvo compuesta aproximadamente de pasta de soya (24.3%), maíz (31.1%), heno avena forrajera (30.9%), harina de pescado (3%), aceite (4.4%), fosfato monocálcico (0.7%), sal (0.3%), vitaminas (0.1%) y micro minerales (0.1%). Además, se incluyeron semilla de linaza a 0 % (T0), 5% (T1) y 10% (T2). Después de 60 d, los conejos fueron sacrificados mediante el desnucamiento; se realizó en el cuello un corte en la yugular y se procedió al desangrado. Finalizando el desangrado, se cortaron las patas delanteras, después se realizó un corte en la pelvis hasta el abdomen y se procedió a desollar al animal completamente. Después de realizar la evisceración, las canales fueron lavadas y etiquetadas y se llevaron a congelación a -20 °C.

Pruebas sensoriales y de palatabilidad. La evaluación Sensorial fue en una prueba de degustación sobre las características organolépticas de la carne de conejo, se realizó el 2 de octubre de 2023 en el aula 34 en Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes, con la participación de 50 consumidores a los que se les brindo información sobre el ensayo realizado. Las muestras se sacaron del congelador 24 horas antes de la degustación, en 3 bandejas y se clasificaron de las siguientes maneras: E9; Lino 0%, Y7; Lino 5%, H3; Lino 10%., con el fin que los consumidores no conocieran cuales eran los tratamientos. Las muestras se

cocinaron en planchas a 200 °C durante 32 minutos, sin utilizar aceite ni sal, se voltearon cada 8 minutos y se envolvieron en papel de aluminio.

A cada consumidor se le ofrecieron tres muestras de carne cocinada a la plancha, todas ellas a la misma temperatura y un vaso de agua. Las muestras estaban codificadas para permitir su identificación, pero los consumidores no eran conscientes de que muestras estaban catando. Por encuesta se realizaron preguntas relativas sobre las características organolépticas de la carne de conejo, género y edad de los consumidores, el potencial consumo y su aceptación, que frecuencia de consumo tiene y conocer la razón sobre el bajo consumo. Después del consumo de la muestra, los participantes contestaron preguntas relativas a: 1) Calidad; 2) Olor; 3) Sabor; 4) Terneza: fuerza necesaria para seccionar un trozo de carne cocinada; 5) Jugosidad: sensación de humedad en la boca durante la masticación; 6) Aceptabilidad: criterio personal generalizado derivado de las preguntas previas; 7) Percepción: la pregunta consideró la posibilidad de que el consumidor incluyera el conejo en su dieta en el futuro. A cada consumidor se le pidió que valorara en una escala del 1 a 5 (1: me desagrada mucho; 5: me gusta mucho).

Análisis estadísticos. Se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, V.9.2; 2013) para realizar las diferentes pruebas y análisis. Considerando las características de las variables evaluadas (discretas y de evaluación) se aplicaron pruebas de normalidad a las variables Calidad, Aceptabilidad, Olor, Sabor, Terneza, Jugosidad y Percepción de los consumidores (Chi-Square; Cramer-von Misess, Anderson-Darling) (Proc Univariate; SAS, 2013). Los análisis de varianza (ANOVA) se realizaron con procedimientos generales lineales (Proc GLM; SAS, 2013) y mixtos (Proc Mixed; SAS, 2013) considerando el efecto aleatorio de la Persona anidada en la Edad del consumidor y el efecto fijo del Tratamiento. Las medias fueron comparadas utilizando Diferencia Mínima Significativa (DMS) con valor de $P=0.05$. Con el fin de conocer qué características de los consumidores eran predisponentes para una mayor aceptabilidad, se realizaron Análisis de Componentes Principales (ACP) a través de modelos de regresión lineal simple (Proc Reg; SAS, 2013) utilizando Stepwise (Forward) ($P>0.15$).

Resultados y discusión

Análisis descriptivo de los consumidores. A los 50 consumidores, se les preguntaron si han probado la carne de conejo y si lo incluiría a su dieta, las respuestas fueron los siguientes: el 56% de los consumidores ya habían probado la carne de conejo y el 44% no lo había probado. Dentro de los 50 consumidores el 60% dijeron que, si lo incluirían, mientras el 38% estaban indeciso y el 2% se negaron. Cabe mencionar que dentro de los que no había probado la carne conejo, respondieron el 59% que sí lo incluirían en su dieta, en tanto que el 5% dijeron que no lo harían, el 36% estuvieron indecisos. Dentro los 50 consumidores el 56% fueron hombres y el 44% fueron mujeres.

Análisis sensorial, palatabilidad y aceptabilidad. En el Cuadro 1, se presentan las medias de las variables sensoriales analizadas y la aceptabilidad general de los consumidores a la carne de conejos alimentados con diferentes niveles de inclusión de linaza. En ninguna variable hubo diferencias significativas a través de los tratamientos evaluados ($P>0.21$). En general, el olor y sabor fueron percibidos prácticamente como agradables (rango de 3.58 a 3.86), al igual que la terneza y jugosidad también fueron deleitoso (rango de 3.52 a 3.80).

Estos resultados indican que los consumidores no percibieron los diferentes niveles de concentraciones de linaza en la carne de conejo, lo que sugiere la posibilidad de aumentar la cantidad de semilla de linaza en el alimento de los conejos, con lo que aumentaría la concentración de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ω -3 en la carne, lo que resultaría en diversos beneficios tanto para el consumidor como para la mejor salud y el bienestar animal. (Bartkovský et al., 2022). Además, el consumo apropiado de ω -3, con buena vigilancia médica puede tener beneficios en los consumidores, específicamente mejorando la salud del corazón, cerebro, ojos y articulaciones, así como en la salud mental (Villanueva-Díaz et al., 2023).

Cuadro 1. Efecto de la inclusión de linaza en la alimentación de conejos sobre la palatabilidad y aceptabilidad de la carne por los consumidores.

Inclusión de linaza	Olor	Sabor	Terneza	Jugosidad	Aceptabilidad
0%	3.86	3.82	3.76	3.80	3.90
5%	3.62	3.64	3.58	3.64	3.84
10%	3.58	3.58	3.56	3.52	3.72
DMS 0.05=	0.34	0.43	0.36	0.37	0.32
C.V. (%)	22.99	29.19	24.68	25.54	21.13
Valor de P	0.21	0.57	0.47	0.32	0.52

*DMS, diferencia mínima significativa ($P<0.05$); C.V., coeficiente de variación; Valor de P, valor de probabilidad; clasificaciones del 1 al 5, 1=rechazo, 2=disgusto, 3=no hay rechazo, 4=agradó; 5=aceptación total.

Análisis de Regresión. El Consumo Previo fue la única variable independiente introducida como causal de la Aceptabilidad, olor, sabor, jugosidad y terneza, siendo mejor evaluada por todos aquellos participantes que consumidores que la había probado previamente que en los que no la habían probado (3.8 ± 0.1 vs. 3.5 ± 0.05 ; $P<0.05$). Sugiriendo la relevancia de eliminar creencias erróneas de los posibles consumidores y reconocer el valor nutricional de la carne de conejo (Cordero, 2021).

Conclusiones

No hubo diferencias entre los niveles de inclusión de linaza (0 al 10%) para la palatabilidad y aceptabilidad del consumo de la carne de conejo, que en general, fue agradable para los consumidores. En general, los participantes valoraron de 3.4 a 3.9 (1: “me disgusta mucho”-5: “me gusta mucho”) todas las variables y no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P>0.05$). El consumo previo se relacionó de forma independiente con todas las calificaciones sensoriales y de aceptabilidad ($P<0.05$). Estos resultados sugieren la posibilidad de explorar diferentes ingredientes y estrategias alimenticias alternativas en conejos, que pueden ser más sostenibles para la producción de carne con mejor perfil lipídico, a la vez que se mejora el rendimiento y salud animal.

Referencias bibliográficas

1. Bartkovský, M., Sopková, D., Andrejčáková, Z., Vlcková, R., Semjon, B., Buj ňák, L., Pospiech, M., Nagy, J., Popelka, P., & Wojtysiak, D. (2022). Effect of Concentration of Flaxseed (*Linum usitatissimum*) and Duration of Administration on Fatty Acid Profile, and Oxidative Stability of Pork Meat. Animals, 12, 1087. DOI:10.3390/ani12091087
2. Castellini, C., Dal Bosco, A., Arias-Álvarez, M., Lorenzo, P. L., Cardinali, R., & Rebollar, P. G. (2010). The main factors affecting the reproductive performance of rabbit does: A review. Animal Reproduction Science, 122(3-4), 174-182. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2010.10.003
3. Cordero, B. A. (2021). Análisis del comportamiento del consumidor hacia a la carne de conejo. DOI: 10.13140/RG.2.2.29214.87364
4. Lebas, F., Coudert, P., Rochambeau, H., & Thébault, R. G. (1997). The rabbit, husbandry, health and production. U.S.A. FAO. 250 p.
5. Villanueva-Díaz, A., Espinosa-Ayala, E., Hernández-García, P. A., Márquez-Molina, O., Hidalgo-Milpa, M., & Mireles-Arriaga, A. I. (2023). Calidad multidimensional de la carne de conejo, atributos cuantitativos y cualitativos desde la perspectiva del consumidor. Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional, 33(61). DOI: 10.24836/es.v33i61.1287

MODELACIÓN DE CRECIMIENTO DE POLLITAS CRIOLLAS DE DOS GENERACIONES SUBSECUENTES BAJO APAREAMIENTO ALEATORIO.

Guillermo J. Isidro-Antonio¹, Arturo Pro-Martínez^{2*}, Diego Zárate-Contreras², Fernando González-Cerón¹, Eliseo Sosa-Montes¹, Cesar Gamboa-Ramírez².

¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México;

²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: aproma@colpos.mx

Palabras clave: Aves criollas, curva de crecimiento, modelos no lineales.

Introducción

Las gallinas Criollas, son utilizadas como doble propósito, además, producen huevo fértil para obtener pollitas de reemplazo, estas aves alcanzan su madurez sexual a las 20-24 semanas de edad según la alimentación y el manejo, son capaces de opositor de 12 a 15 huevos por períodos (3-4 períodos cortos por año). El crecimiento de las aves productoras de carne o huevo es importante, para determinar los requerimientos nutricionales a fin de obtener un desempeño óptimo, este crecimiento se determina por modelos no lineales, los más utilizados para describir curvas de crecimiento de animales domésticos son Gompertz (34.59%), Logístico (26.88%), Von Bertalanffy (15.84%), Richards (13.08%) y Brody, (Narinc *et al.*, 2017). Para el estudio del crecimiento, se utilizan parámetros como peso al nacimiento (W_0), tasa de crecimiento inicial (L) y exponencial (K), edad al máximo crecimiento (t_i) y peso asintótico (W_A) (Aggrey, 2009). En México, Mata-Estrada *et al.* (2020) estudiaron el crecimiento de aves Criollas Mexicanas, de 0 a 177 d (días) de edad, con los modelos no lineales Gompertz-Laird (MNLG-L), Logístico (MNLL), Richards (MNLR) y Von Bertalanffy (MNLVB). Asimismo, Zárate-Contreras *et al.* (2022) realizaron un estudio sobre el efecto de los períodos de recolección de datos en la precisión de los parámetros de los modelos de crecimiento en aves Criollas, desde el nacimiento hasta los 133 d de edad. Sin embargo, son pocas las investigaciones que se han realizado sobre el crecimiento de pollitas Criollas Mexicanas lo cual hace necesario su estudio. Se hipotetizó que, en poblaciones subsecuentes de pollitas Criollas bajo apareamiento aleatorio, se modifica la magnitud de los parámetros estimados de dos modelos no lineales.

Objetivo

Describir la curva de crecimiento de pollitas Criollas Mexicanas de dos generaciones subsecuentes bajo apareamiento aleatorio mediante los modelos no lineales Gompertz-Laird y Richards.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, ubicado en las coordenadas 19° 27' 47" latitud norte y 98° 54' 27" longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. La población base de aves Criollas se constituyó de acuerdo con Mata-Estrada *et al.* (2020), y a partir de ella se obtuvo una parvada que en este estudio se denominó generación uno de aves criollas (GAC₁). De la población GAC₁ se seleccionaron al azar 85 machos y 85 hembras para producir la población generación dos de aves Criollas (GAC₂). Los apareamientos se realizaron mediante inseminación artificial en relación 1 macho: 1 hembra. Las aves fueron alimentadas con una dieta que contenía 20.5% de proteína cruda y 2,900 kcal de energía metabolizable por kg de alimento. El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso. Un total de 220 hembras (110 hembras provenientes de cada generación; GAC₁ y GAC₂) fueron utilizadas en el presente estudio. A las pollitas de la generación uno se les denominó (GPC₁), mientras que a las pollitas Criollas de la generación dos (GPC₂). Desde el nacimiento hasta los 42 d de edad, las aves se alojaron en criadoras eléctricas de cinco niveles; cada nivel con dos espacios de 0.4 m x 1.2 m (0.48 m²), en cada espacio se alojaron 10 aves por cada sexo (0.048 m² por ave), el control de temperatura se implementó con un termostato que controlaba el funcionamiento de las resistencias eléctricas, la temperatura inicial fue de 32°C y se redujo 1°C por semana hasta llegar a 26°C. Posteriormente, las aves se alojaron en corrales de 1 m x 1.5 m (1.5 m²), con una densidad de 10 aves por corral (0.15 m² por ave), en el que se utilizó viruta de madera de 20 mm de grosor como cama. Las aves se mantuvieron bajo un programa de luz natural y la temperatura en la caseta se reguló ajustando las cortinas laterales. Se registró el peso vivo individual, por semana, desde el nacimiento hasta los 63 días de edad (PV, g) (Cuadro 1). Se utilizaron los datos de peso vivo de 110 aves de cada

generación. Con cada conjunto de datos se estimaron los parámetros de crecimiento y criterios de bondad de ajuste [coeficiente de determinación ajustado (AR^2), criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información Bayesiana (BIC)] de los modelos Gompertz-Laird y Richard. Los datos fueron analizados usando el procedimiento NLIN (algoritmo de Marquardt) de SAS Institute Inc. (2011; versión 9.3, Cary, NC). Tres criterios fueron utilizados para seleccionar el mejor modelo en cada generación: AR^2 , AIC y BIC.

Resultados y discusión

Los pesos vivos observados en el presente estudio variaron entre generación. Los valores de peso vivo al nacimiento en aves de GPC_1 fue mayor que GPC_2 , con 0.37 g (Cuadro 1). El peso vivo final de las aves GPC_1 fue superior (12.02 g) al de las aves GPC_2 .

Cuadro 1. Medias de peso vivo y desviaciones estándar de pollitas Criollas de dos generaciones subsecuentes obtenidos bajo apareamiento aleatorio de 0 a 63 d de edad.

Edad (d)	Peso vivo (g)	
	Hembras 1GPC_1 (n= 110)	Hembras 2GPC_2 (n= 110)
0	36.19 ± 3.56	35.82 ± 3.63
7	55.57 ± 8.99	51.81 ± 7.58
14	96.40 ± 19.05	90.93 ± 15.44
21	157.37 ± 33.11	152.52 ± 26.71
28	238.80 ± 49.87	229.78 ± 40.07
35	332.74 ± 69.49	322.20 ± 53.88
42	431.87 ± 87.37	421.79 ± 67.42
49	523.86 ± 98.55	537.88 ± 81.89
56	638.51 ± 112.06	626.33 ± 99.35
63	751.32 ± 125.44	739.30 ± 111.27

1GPC_1 = generación uno de pollitas Criollas; 2GPC_2 = generación dos de pollitas Criollas; n= número de aves.

El MNLG-L subestima el peso al nacimiento en ambas generaciones (Cuadro 2). La tasa de crecimiento inicial en aves GPC_1 fue menor (0.10482 d^{-1}) que en aves GPC_2 (0.11420 d^{-1}). Asimismo, con los dos modelos estudiados, se observó una menor tasa de decaimiento en aves GPC_1 , con respecto a las aves GPC_2 (Cuadro 2). Los dos modelos, indicaron que la edad al máximo crecimiento en las aves GPC_2 , varió de 46.9 a 50.0 d, un rango de valores más estrechos se observó en las aves GPC_1 (52.7 a 53.9 d). En relación al peso asintótico (W_A), estimado con los dos modelos varió de 1602.5 a 1689.6 g y de 1224.7 a 1477.2 g, en las aves GPC_1 y GPC_2 , respectivamente.

Cuadro 2. Parámetros estimados para los modelos Gompertz-Laird y Richards, en curvas de crecimiento de pollitas Criollas (n= 110) de dos generaciones subsecuentes bajo apareamiento aleatorio de 0 a 63 d de edad.

Modelo	1GPC_1	2GPC_2
	(N = 1100)	(N = 1100)
Gompertz-Laird (MNLG-L)		
Peso al nacimiento PV (W_0 , g)	29.7	25.3
Tasa específica de crecimiento inicial (L , d^{-1})	0.10482	0.11420
Tasa de decaimiento o de maduración (K , d^{-1})	0.02627	0.02807
Edad de crecimiento máximo (t_i , d)	52.7	50.0
Peso asintótico (W_A , g)	1602.5	1477.2

AR ²	0.91355	0.93572
AIC	12588.62	12224.60
BIC	12608.63	12244.62
Richards (MNLR)		
Tasa de decaimiento o de maduración (K , d ⁻¹)	0.00918	0.01256
Edad de crecimiento máximo (t_i , d)	53.9	46.9
Peso asintótico (W_A , g)	1689.6	1224.7
Parámetro de forma (m)	0.95543	1.23211
AR ²	0.91347	0.93575
AIC	12590.57	12225.02
BIC	12615.59	12250.04

¹GPC₁= generación uno de pollitas Criollas. ²GPC₂= generación dos de pollitas Criollas; N= número total de datos; AR²= coeficiente de determinación ajustado; AIC= criterio de información Akaike; BIC= criterio de información bayesiana. Cuanto mayor sea el AR², y cuanto menor sean los valores de AIC y BIC, mejor se consideró el modelo.

Actualmente, no se encuentran antecedentes de estudios del crecimiento de pollitas Criollas de poblaciones subsecuentes bajo apareamiento aleatorio. En la literatura, Mata-Estrada et al. (2020), reportaron en aves Criollas Mexicanas (hembras), de 0 a 177 d de edad que el MNLVB presentó el mejor ajuste de datos, seguido del MNLG-L. Por otra parte, Zárate-Contreras et al. (2022), obtuvieron resultados en aves Criollas (hembras), de 0 a 133 d de edad, con intervalos semanales de registro de datos, en el que el MNLG-L fue el que mejor ajustó a los datos de crecimiento, lo que coincide con los resultados de la presente investigación. Las aves de la GPC₁ y GPC₂ registraron valores inferiores en peso al nacimiento (W_0 = 29.7 y 25.3 g, respectivamente), edad al máximo crecimiento (t_i = 52.7 y 50.0 d) y peso asintótico (W_A = 1602.5 y 1477.2 g), pero valores superiores en la tasa específica de crecimiento inicial (L = 0.10482 y 0.11420 d⁻¹) y la tasa de maduración (K = 0.02627 y 0.022807 d⁻¹) en comparación con los estimados por Mata-Estrada et al. (2020) y Zárate-Contreras et al. (2022), quienes reportaron valores de peso vivo al nacimiento de 53.5 y 32.31 g, respectivamente; edad al máximo crecimiento (69.8 y 68.1 d), peso asintótico (2683.1 y 2915. g), tasa específica de crecimiento inicial (0.0765 y 0.0994 d⁻¹) y tasa de maduración (0.0195 y 0.0221 d⁻¹). Respecto al MNLR, Mata-Estrada et al. (2020) estimaron menores valores en la tasa de maduración (0.0065 d⁻¹), para las dos GPC, pero menor edad al máximo crecimiento (66.3 d) y peso asintótico (2875.1 g) para la GPC₁. Por el contrario, Zárate-Contreras et al. (2022) estimaron mayores valores en la edad al máximo crecimiento (68.9 d), para las dos GPC, pero menor tasa de maduración (0.0085 d⁻¹) y peso asintótico (2827.4 g), en la GPC₂ y GPC₁, respectivamente. Las diferencias descritas anteriormente pueden atribuirse a los cambios de las frecuencias genéticas que se esperarían debido al apareamiento aleatorio.

Conclusiones

Las dos poblaciones de pollitas Criollas, obtenidas de generaciones subsecuentes bajo apareamiento aleatorio tienden a cambiar la magnitud de sus parámetros en los modelos no lineales Gompertz y Richards. El modelo Gompertz obtuvo el mejor ajuste para describir la curva de crecimiento en ambas poblaciones de pollitas Criollas.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, por el financiamiento de este proyecto. Este estudio es parte LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Aggrey, S. E. 2009. Logistic nonlinear mixed effects model for estimating growth parameters. *Poultry Science*. 88:276-28.
2. Mata-Estrada, A., Gonzalez-Ceron, F., Pro-Martínez, A., Torres-Hernández, G., Bautista-Ortega, J., Becerril-Pérez, C. M., Vargas-Galicia, A. J., Sosa-Montes, E. 2020. Comparison of four nonlinear growth models in Creole chickens of Mexico. *Poultry Science*. 99:1995-2000.
3. Narinç D., Narinç N. O. and Aygün, A. 2017. Growth curve analyses in poultry science. *World's Poultry Science Journal*. 73:1-13.
4. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
5. Zárate-Contreras, D., González-Cerón, F., Cuca-García J. M., Pro-Martínez A., Ramírez-Valverde, G., Aggrey, S. E., Hernández-Mendo O., Gallegos-Sánchez, J., Sosa-Monte, E. 2022. Mexican Creole chickens: effect of data collection periods on goodness-of-fit and parameter precision of growth models. *Poultry Science*. 101(7):1-7.

MODELOS GOMPERTZ-LAIRD Y LOGÍSTICO EN CURVAS DE CRECIMIENTO DE CODORNIZ (*COTURNIX COTURNIX JAPONICA*).

Eduardo Vences-Macedo¹, Diego Zárate-Contreras^{2*}, Arturo Pro-Martínez², Fernando González-Cerón¹, Sergio I. Mendoza-Pedroza², Eliseo Sosa-Montes¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México;

²Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: zарате.diego@colpos.mx

Palabras clave: Curvas de crecimiento, modelos no lineales, codornices.

Introducción

La codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) es un ave pequeña que tiene sus orígenes en el este de Asia, específicamente de China y Japón, fue introducida en Norte América en el año 1870 (Cheng *et al.*, 2010). Estas aves alcanzan su madurez sexual a los 30 días (d) de edad, iniciando postura a los 40 o 45 d, siendo capaces de ovopositar 350 huevos por año, representan una alternativa en la alimentación humana para la producción de carne y huevo. El crecimiento es una característica importante en los animales, la información obtenida de peso vivo nos ayuda a predecir y evaluar su productividad, para su estudio se utilizan modelos no lineales destacando Gompertz-Laird, Logístico, Von Bertalanffy y Richards. En las curvas de crecimiento los parámetros estimados son peso al nacimiento (W_0), tasa de crecimiento inicial (L) y exponencial (K), edad al máximo crecimiento (t_i) y peso asintótico (W_A) (Aggrey, 2008). En un estudio realizado en codornices japonesas desde el nacimiento hasta los 28 días de edad, utilizando los modelos no lineales Gompertz-Laird (MNGL), Logístico (MNL) y Von Bertalanffy (MNVB), concluyendo que el modelo MNGL-L fue el más apropiado para describir la curva de crecimiento (Anthony *et al.*, 1986). Se hipotetizó que, en codornices japonesas, el sexo y los modelos no lineales utilizados no modifica la magnitud de los parámetros estimados.

Objetivo

Describir la curva de crecimiento de codornices japonesas machos y hembras mediante los modelos no lineales Gompertz-Laird y Logístico.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas 19° 27' 47" latitud norte y 98° 54' 27" longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. Se utilizaron 138 codornices japonesas de un día de edad (76 machos y 62 hembras). Desde la eclosión, cada codorniz fue identificada de manera individual, registrando su peso vivo desde el nacimiento hasta los 27 días de edad con un intervalo de 3 días, se utilizó una báscula con capacidad de 3 kg, precisión 0.1 g (marca Truper modelo Base-3). Las codornices fueron alojadas en criadoras eléctricas de batería de cuatro niveles; cada nivel con dos espacios de 0.4 m x 1.2 m (0.48 m²), en cada espacio se alojaron 20 codornices (0.024 m² por ave), el control de temperatura se implementó con un termostato que controlaba el funcionamiento de las resistencias eléctricas, la temperatura inicial fue de 32 °C y se redujo 2 °C por semana hasta llegar a una temperatura de 26 °C. Las aves se alimentaron con una dieta con 20.8% de proteína cruda y 2900 kcal de energía metabolizable por kg de alimento, además la dieta contenía aminoácidos, calcio, fósforo, minerales y vitaminas. El agua y el alimento se ofrecieron a libre acceso. Los datos fueron analizados por sexo y para cada modelo se estimaron los parámetros de crecimiento y criterios de bondad de ajuste [coeficiente de determinación ajustado (AR²), criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información Bayesiana (BIC)]. Los datos fueron analizados usando el procedimiento NLIN (algoritmo de Marquardt) de SAS Institute Inc. (2011; versión 9.3, Cary, NC). Tres criterios fueron utilizados para seleccionar el mejor modelo en cada generación: AR², AIC y BIC.

Resultados y discusión

Los pesos vivos observados en el presente estudio variaron entre sexos. Los valores de peso vivo al nacimiento en codornices macho fueron mayores que en codornices hembra, con 0.29 g (Cuadro 1). El peso vivo final también fue superior en codornices macho (0.78 g).

Cuadro 1. Medias de peso vivo y desviaciones estándar de codornices japonesas de 0 a 27 días de edad.

Edad (d)	Peso vivo (g)	
	Machos	Hembras
	(n= 76)	(n= 62)
0	7.44 ± 0.71	7.15 ± 0.83
3	12.61 ± 3.93	11.61 ± 2.03
6	19.11 ± 4.01	18.89 ± 3.72
9	30.64 ± 6.25	30.43 ± 8.99
12	43.53 ± 7.09	44.11 ± 7.57
15	59.71 ± 9.96	60.16 ± 9.68
18	74.94 ± 13.84	75.54 ± 12.71
21	92.85 ± 14.12	94.36 ± 13.55
24	110.82 ± 14.59	113.23 ± 15.11
27	125.84 ± 14.93	125.06 ± 15.97

n= número de codornices.

El MNLG-L subestima el peso al nacimiento en ambos sexos (Cuadro 2). La tasa de crecimiento inicial en codornices macho fue menor (0.22570 d^{-1}) que en codornices hembra (0.23219 d^{-1}). Asimismo, con los dos modelos estudiados, se observó una menor tasa de decaimiento en codornices macho, con respecto a las codornices hembra (Cuadro 2). Los dos modelos, indicaron que la edad al máximo crecimiento en las codornices macho varió de 18.6 y 21.1 d, un rango de valores similar se observó en las hembras (18.9 a 21.4 d). En relación al peso asintótico (W_A), estimado con los dos modelos varió de 160.3 a 254.3 g y de 165.1 a 263.2 g, en las codornices macho y hembra, respectivamente.

Cuadro 2. Parámetros estimados para los modelos Gompertz-Laird y Logístico en curvas de crecimiento de codornices japonesas de 0 a 27 días de edad.

Modelo	Machos (N= 758)	Hembras (N= 620)
Gompertz-Laird (MNLG-L)		
Peso al nacimiento PV (W_0 , g)	6.4	6.1
Tasa específica de crecimiento inicial (L , d^{-1})	0.22570	0.23219
Tasa de decaimiento o de maduración (K , d^{-1})	0.06147	0.06179
Edad de crecimiento máximo (t_i , d)	21.1	21.4
Peso asintótico (W_A , g)	254.3	263.2
AR ²	0.93883	0.94062
AIC	5679.3	4662.3
BIC	5697.8	4680.0
Logístico (MNLL)		
Tasa de decaimiento o de maduración (K , d^{-1})	0.15260	0.15393
Edad de crecimiento máximo (t_i , d)	18.6	18.9
Peso asintótico (W_A , g)	160.3	165.1
AR ²	0.93845	0.93998
AIC	5684.0	4669.1
BIC	5702.5	4686.8

N= número total de datos; AR²= coeficiente de determinación ajustado; AIC= criterio de información Akaike; BIC= criterio de información bayesiana. Cuanto mayor sea el AR², y cuanto menor sean los valores de AIC y BIC, mejor se consideró el modelo.

En México, la información de estudios del crecimiento en codornices japonesas es limitada. En los resultados obtenido en la presente investigación las codornices macho y hembra registraron valores superiores en peso al nacimiento ($W_0 = 6.4$ y 6.1 g, respectivamente), edad al máximo crecimiento ($t_i = 21.1$

y 21.4 d) y peso asintótico ($W_A= 254.36$ y 263.22 g), pero valores inferiores en la tasa específica de crecimiento inicial ($L= 0.22570$ y 0.23219 d^{-1}) y la tasa de maduración ($K= 0.06147$ y 0.06179) en comparación con los estimados por Raji et al. (2014) en codornices, de 0 a 84 d de edad, con intervalos semanales de registro de datos utilizando el MNLG-L, reportando valores de peso vivo al nacimiento de machos y hembras de 4.18 y 3.64 g, respectivamente; edad al máximo crecimiento (18.38 y 20.26 d), peso asintótico (132.71 y 168.83 g), tasa específica de crecimiento inicial (0.9338 y 0.9507 d^{-1}) y tasa de maduración (0.3765 y 0.3262 d^{-1}). Anthony et al. (1986) estudiaron el crecimiento de codornices hasta 28 días de edad, reportando que el MNGL-L presentó el mejor ajuste de datos, coincidiendo con los resultados de este estudio, sugiriendo que el modelo de Gompertz-Laird puede usarse para describir las curvas de crecimiento de codornices japonesas machos y hembras.

Conclusiones

La magnitud de los parámetros en los modelos no lineales Gompertz-Laird y Logístico cambian en base al sexo de la codorniz. El modelo Gompertz obtuvo el mejor ajuste para describir la curva de crecimiento en ambos sexos de codornices japonesas.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por el financiamiento de la presente investigación. Este estudio, es parte de la LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Anthony, N. B., Nestor, K. E., Bacon, W. L. 1986. Growth curves of Japanese quail as modified by divergent selection for 4-week body weight. *Poultry Science*, 65(10):1825-1833.
2. Aggrey, S. E. 2008. Accuracy of growth model parameters: effects of frequency and duration of data collection, and missing information. *Growth, Development and Aging*, 71:45-54.
3. Cheng, K. M., Bennett, D. C., Mills, A. D. 2010. The Japanese quail. The UFAW handbook on the care and management of laboratory and other research animals, USA. pp. 655-673.
4. Raji, A. O., Alade, N. K., Duwa, H. 2014. Estimation of model parameters of the Japanese quail growth curve using Gompertz model. *Archivos de zootecnia*, 63(243):429-435.
5. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

MODELOS NO LINEALES EN CURVA DE CRECIMIENTO DE CODORNIZ JAPONESA (*COTURNIX COTURNIX JAPONICA*).

Henrry M. Galván-González¹, Arturo Pro-Martínez², Diego Zárate-Contreras^{2*}, Fernando González-Cerón¹, Sergio I. Mendoza-Pedroza², Eliseo Sosa-Montes¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México;

²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: zarate.diego@colpos.mx

Palabras clave: Richard, Von Bertalanffy, codornices.

Introducción

El crecimiento es una característica que se define como un cambio en el tamaño corporal por unidad de tiempo, determinado por diversos factores: edad, sexo, genética y tipo de alimentación. Se conoce que el crecimiento de la hembra es más rápido que el del macho y en la quita semana se puede apreciar una diferencia de peso variable entre 10 y 20 g, esto debido a un aumento de peso del aparato genital e hígado (Valle *et al.*, 2015) con un rendimiento en canal de 59 a 61%. En genética, existen líneas especializadas para producción de carne como Bobwhite, Texas Quail, Giant Brown y Giant White, sin embargo, la codorniz japonica presenta características favorables como docilidad, mayor cantidad de pechuga, rápido crecimiento y reproducción (Grimaldos, 2020), la carne tiene alto contenido de aminoácidos esenciales y escasa grasa. El crecimiento no es lineal, por lo tanto, el cambio en el peso vivo se debe representar mediante curvas de crecimiento con modelos no lineales formados de ecuaciones y funciones que no presentan una relación lineal entre las variables, cuya función es analizar, explicar y predecir datos y patrones de crecimiento. Entre los más utilizados están los modelos Richard y Von Bertalanffy, que describen la edad de crecimiento máximo (t_i , d), tasa de decaimiento o madurez (K , d⁻¹) y el peso asintótico (W_A , g).

Objetivo

Evaluar, describir y comparar la curva de crecimiento de codornices japonesa para machos y hembras mediante dos modelos no lineales: Richard y Von Bertalanffy.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas 19° 27' 47" latitud norte y 98° 54' 27" longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. Se utilizaron 138 codornices japonesas de un día de edad (76 machos y 62 hembras). Desde la eclosión, cada codorniz fue identificada de manera individual, registrando su peso vivo desde el nacimiento hasta los 27 días de edad con un intervalo de 3 días entre cada registro, se utilizó una báscula con capacidad de 3 kg, precisión 0.1 g (marca Truper modelo Base-3). Las codornices fueron alojadas en criadoras eléctricas de batería de cuatro niveles; cada nivel con dos espacios de 0.4 m x 1.2 m (0.48 m²), en cada espacio se alojaron 20 codornices (0.024 m² por ave), el control de temperatura se implementó con un termostato que controlaba el funcionamiento de las resistencias eléctricas, la temperatura inicial fue de 32 °C y se redujo 2 °C por semana hasta llegar a una temperatura de 26 °C. Las aves se alimentaron con una dieta con 20.8% de proteína cruda y 2900 kcal de energía metabolizable por kg de alimento, además la dieta contenía aminoácidos, calcio, fósforo, minerales y vitaminas. El agua y el alimento se ofrecieron a libre acceso. Los datos fueron analizados por sexo y para cada modelo se estimaron los parámetros de crecimiento y criterios de bondad de ajuste [coeficiente de determinación ajustado (AR^2), criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de información Bayesiana (BIC)]. Los datos fueron analizados usando el procedimiento NLIN (algoritmo de Marquardt) de SAS Institute Inc. (2011; versión 9.3, Cary, NC). Tres criterios fueron utilizados para seleccionar el mejor modelo en cada generación: AR^2 , AIC y BIC.

Resultados y discusión

Los pesos vivos de las codornices variaron entre sexo. Los valores de peso vivo al nacimiento en machos fueron mayores que en hembras (0.29 g). El peso vivo a los 27 días de edad en machos fue mayor (0.78 g) que en hembras.

Cuadro 1. Medias de peso vivo y desviaciones estándar de codornices japonesas de 0 a 27 días de edad.

Edad (d)	Peso vivo (g)	
	Machos	Hembras
	(n= 76)	(n= 62)
0	7.44 ± 0.71	7.15 ± 0.83
3	12.61 ± 3.93	11.61 ± 2.03
6	19.11 ± 4.01	18.89 ± 3.72
9	30.64 ± 6.25	30.43 ± 8.99
12	43.53 ± 7.09	44.11 ± 7.57
15	59.71 ± 9.96	60.16 ± 9.68
18	74.94 ± 13.84	75.54 ± 12.71
21	92.85 ± 14.12	94.36 ± 13.55
24	110.82 ± 14.59	113.23 ± 15.11
27	125.84 ± 14.93	125.06 ± 15.97

n= número de codornices.

En el MNLVB se estimaron valores mayores que en el MNLR para edad de crecimiento máximo, peso asintótico y tasa de decaimiento en ambos sexos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros estimados para los modelos Bertalanffy y Richard en curvas de crecimiento de codornices japonesas de 0 a 27 días de edad.

Modelo	Machos (N= 760)	Hembras (N= 620)
Von Bertalanffy (MNLVB)		
Tasa de decaimiento o de maduración (K , d ⁻¹)	0.03008	0.03001
Edad de crecimiento máximo (t_i , d)	27.8	28.2
Peso asintótico (W_A , g)	445.1	405.9
Constante de integración (B)	0.768882	0.77804
PV a la edad del punto de inflexión (W, g)	131.9	138.1
AR ²	0.93835	0.94026
AIC	5685.28	4666.23
BIC	5703.81	4683.95
Richard (MNLR)		
Tasa de decaimiento o de maduración (K , d ⁻¹)	0.028219	0.02610
Edad de crecimiento máximo (t_i , d)	19.6	20.4
Peso asintótico (W_A , g)	206.1	230.1
Parámetro de forma (m)	1.2774	1.15587
AR ²	0.93885	0.94057
AIC	5680.03	4663.93
BIC	5703.19	4686.08

N = número total de datos; AR² = coeficiente de determinación ajustado; AIC = criterio de información Akaike; BIC = criterio de información bayesiana. Cuanto mayor sea el AR², y cuanto menor sean los valores de AIC y BIC, mejor se consideró el modelo.

La edad de crecimiento para machos y hembras fue menor en MNLR (19.6 d y 20.4 d) que en MNLVB (27.8 d y 28.2 d); al igual que la tasa de decaimiento (MNLR= 0.028219 d⁻¹ y 0.02610 d⁻¹ vs MNLVB= 0.03008 d⁻¹ y 0.03001d⁻¹), y el peso asintótico (MNLR= 206.1 g y 230.1 g vs MNLVB= 445.1 g y 405.9 g). Narinç et al. (2010) reportaron en codornices japónica de 0 a 42 días de edad, con el MNLVB un peso al nacimiento de 4.34 g, por debajo del obtenido en este estudio (7.44 g en machos y 7.15 g en hembras); y un peso

predichos a los 28 días de edad de 153.85 g, y con el MNLR un peso al nacimiento de 8.12 g, cercano al obtenido, y un peso predicho a los 28 días de 156 g. Sezer y Tarhan (2005) reportaron en tres líneas de codornices japonesas para carne, de 0 a 42 días de edad, con el MNLR, un peso al nacimiento en machos de 7.53, 8.31, 8.46 g y en hembras de 7.91, 7.44 y 8.63 g, valores superiores a los obtenidos (7.44 g machos y 7.15 g hembras); un peso asintótico de 182.1, 190.3, 195.0 g en machos y 247.4, 261.7, 253.8 g en hembras, mayores a los registrados en este estudio (206.1 y 230.1 g, respectivamente), un parámetro de forma de 0.355, 0.618, 0.424 m para machos y 0.231, 0.175, 170 m para hembras, menores a los obtenidos (1.2774 m en machos y 1.15587 m en hembras); y una tasa de maduración mayor a las registradas (0.098, 0.113, 0.099 en machos y 0.077, 0.067, 0.074 en hembras). Estas diferencias encontradas con el presente estudio se pueden atribuir a que las codornices de estas líneas comerciales fueron seleccionadas para producción de carne. En la literatura, Narinç et al. (2010), reportaron que el modelo que más se ajustó, entre Richard y Von Bertalanffy, fue el primero con un mayor AR² (0.99996) y menor AIC (-0.01401) y BIC (-0.23120), coincidiendo con los resultados del presente estudio, donde el MNLR se ajusta mejor y puede usarse para describir las curvas de crecimiento de codorniz para ambos sexos.

Conclusiones

Las codornices, tienden a cambiar la magnitud de sus parámetros en base al sexo en los modelos no lineales Von Bertalanffy y Richard. El modelo Richard obtuvo el mejor ajuste para describir la curva de crecimiento en codornices machos y hembras.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, por el financiamiento de este proyecto. Este estudio es parte LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Grimaldos, P. 2020. Guía para la producción de huevos y codornices a nivel industrial. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Universidad cooperativa de Colombia. 1er edición, editorial Bucaramanga, Colombia. pp. 63.
2. Narinç, D., Karaman, E., Firat, Mz., Aksoy, T. 2010. Comparison on Non-Linear Growth Models to Describe the Growth in Japanese Quail. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(14):1961-1966.
3. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
4. Sezer, M., Tarhan, S. 2005. Model parameters of growth curves of Three meat-type lines of japanese quail. Czech Journal Animal Science, 50(1):22-30.
5. Valle, M., Bustamante C., Argentina R., Vivas, J., Guillet H. 2015. Manual de crianza y manejo de codornices. Universidad Nacional Agraria. Managua, 1er edición, Nicaragua. pp. 152.

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON UNA MEZCLA POLIHERBAL EN LA EXPRESIÓN DE GENES EN OVINOS PRODUCTORES DE LECHE.

Mario Iván Ávila-Estrada^{1*}, Germán David Mendoza-Martínez¹, Adrián Gloria-Trujillo¹, Augusto César Lizarazo-Chaparro², Ismael Martínez-Cortés¹

¹ Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, ² Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción y Salud Animal (CEPIPSA), Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor para correspondencia: mvzmariaavila@gmail.com

Palabras clave: Ovejas, expresión genética, aditivo poliherbal.

Introducción

La producción ovina nacional es un campo que actualmente está en desarrollo; sin embargo, se requiere de la implementación de nuevas tecnologías de fácil acceso para favorecer el crecimiento de este tipo de producción. Las ovejas, debido a su propio metabolismo, durante el periparto son propensas a presentar un balance energético negativo; lo cual, desencadenará en la formación de cuerpos cetónicos y la enfermedad conocida como toxemia de la preñez. Hoy en día el uso de aditivos poliherbales está en desarrollo para su utilización en producciones pecuarias; *Ocimum sanctum* y *Phyllanthus emblica* son dos plantas que se usan en el sistema tradicional de medicina de la India y han mostrado tener efecto antiinflamatorio, antimicrobiano, analgésico y antioxidante, además de reportar que poseen actividad de vitamina C. En rumiantes la vitamina C proveniente de los alimentos es degradada a nivel ruminal debido a la fermentación bacteriana; es por ello que dependen de la síntesis de esta vitamina a nivel hepático, la cual se da a partir de la glucosa, sabiendo el estado energético que estos animales presentan en el periparto, la síntesis de vitamina C es insuficiente (Akinmoladun, 2022). Por ello la suplementación con este aditivo poliherbal, que posee actividad de vitamina C, puede no solo ayudar a cubrir las necesidades de esta vitamina, ya que por la gran cantidad de metabolitos secundarios que posee podría ayudar a mejorar el estado energético de las ovejas en el periparto.

Objetivo

Evaluar el efecto de la suplementación con una mezcla poliherbal sobre la expresión de genes en ovejas productoras de leche durante el periparto.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA), perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Se seleccionaron 8 borregas multíparas East Friesian x Pelibuey, clínicamente sanas y se asignaron de manera aleatoria a uno de los grupos experimentales; Grupo 1, sin suplementación y Grupo 2, 0.15% del CMS de una mezcla poliherbal (Power-C® Nuproxa México e Indian Herbs Specialities Pvt Ltd company); elaborada con *Ocimum sanctum* y *Phyllanthus emblica*, dicha suplementación fue ofrecida de manera individual diariamente desde antes del empadre hasta el día 45 posparto. Una vez iniciada la suplementación se realizó la inducción del estro con un dispositivo intravaginal con progesterona natural por 13 días; el día 12 se aplicaron 100UI de eCG y a partir del día 13, día que se retiró el dispositivo, se introdujo el semental al corral de las hembras por 7 días. Para la extracción de ARN se tomaron muestras sanguíneas por venopunción yugular de manera quincenal, iniciando el día del parto y finalizando el día 45 posparto, se colocaron 500 µl de sangre completa en un tubo eppendorf de 2 ml que contenía 1 ml de TRIzol® y se agitó vigorosamente por 30 segundos, para posteriormente ser almacenado a -80°C hasta su posterior análisis. La extracción de ARN se realizó basándose en el método descrito por el proveedor (protocolo TRI Reagent®) ajustando los tiempos y velocidades de centrifugación debido a la falta de una centrifuga fría, una vez realizada la extracción de ARN de las muestras se hizo un pool de cada grupo seleccionando las que presentaron mayor integridad calculando obtener una cantidad final de 30 µg. El análisis de microarreglo se realizó en la Unidad de Microarreglos del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM. Los genes diferencialmente expresados fueron sometidos a un análisis de enriquecimiento funcional en el software Cytoscape mediante la aplicación “STRING enrichment” y para predecir la interacción de los genes diferencialmente expresados se usó la herramienta de búsqueda “Recuperación de genes/proteínas interactuantes”.

Resultados

El análisis de expresión diferencial de genes identificó 573 genes expresados diferencialmente en el grupo suplementado; de los cuales 291 genes estuvieron sobreexpresados y 282 subexpresados, de entre todos ellos se seleccionaron 32 genes que participan en vías de importancia para la investigación como respuesta al estrés (GO:0006950), respuesta celular al estrés (GO:0033554), envoltura mitocondrial (GO:0005740) membrana mitocondrial (GO:031966), entre otros (Figura 1); encontrando cambios en genes relacionados con la biosíntesis de fosfolípidos (Mboat1, Pemt e Isyna1), la fosforilación oxidativa (Uqcrb, Atp5j y Ndufa12) y la respuesta de proteína desplegada del retículo endoplásmico (Dnajb9, Atf6 y Trib3) (Tabla 1).

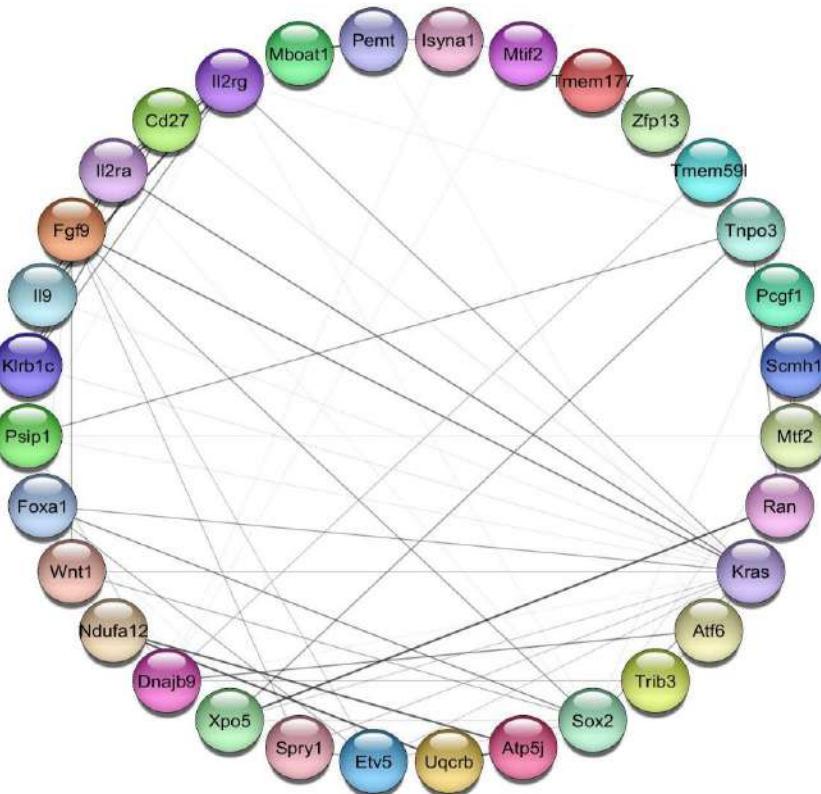


Figura 1. Interacciones de los genes diferencialmente expresados de interés en las categorías del análisis de enriquecimiento funcional.

Discusión

El gen Pemt codifica para la producción de la Fosfatidiletanolamina metil transferasa, esta es una enzima que participa en la metilación secundaria de la fosfatidiletanolamina para formar fosfatidilcolina, al estar subexpresado la S-adenosilmetionina queda libre para la metilación de otras moléculas como la Ubiquinona que forma parte de la fosforilación oxidativa (Ayer, et al., 2021). Los genes Atp5j y Uqcrb; los cuales se encuentran sobreexpresados, codifican para proteínas que participan en la fosforilación oxidativa específicamente para la síntesis de ATP y para la transferencia de electrones de los complejos I y II al complejo III; sin embargo, el gen Ndufa12 que codifica para proteínas que conforman al complejo I está subexpresado, lo que significaría que el incremento en la producción de ATP no proviene del NADH, si no del FADH que dona sus electrones directamente al complejo II. Por otra parte, se ha demostrado que cuando hay una disminución de Pemt, también se da una disminución en la reacción de proteínas desplegadas (UPR), que se da como respuesta al estrés en el retículo endoplásmico y una de las principales vías de señalización es Atf6, el cual se encontró subexpresado; por lo tanto, al haber menor estrés en el retículo endoplásmico la señalización de apoptosis es disminuida, esto es reforzado por la subexpresión de Trib3 que sensibiliza a las células a la apoptosis; además, un elevado estrés en el retículo endoplásmico en células hepáticas se ha relacionado con hígado graso (Gao, et al., 2015).

Tabla 2. Genes diferencialmente expresados en las categorías de biosíntesis de fosfolípidos, fosforilación oxidativa y respuesta de proteína desplegada del retículo endoplásmico.

No.	ID	Símbolo	Nombre del Gen	Z-score	P-value
1	NM_016755	Atp5j	ATP synthase peripheral stalk subunit F6	3.89	8.72E-04
2	NM_026219	Uqcrb	Ubiquinol-cytochrome c reductase binding protein	3.28	9.48E-05
3	AB028857	Dnajb9	Dnaj heat shock protein family (Hsp40) member B9	3.17	2.36E-08
4	AK020281	Mboat1	Membrane bound O-acyltransferase domain containing 1	2.01	4.98E-03
5	AK020270	Atf6	Activating transcription factor 6	-2.13	3.95E-02
6	AF288525	Isyna1	Myo-inositol 1-phosphate synthase A1	-2.19	4.09E-10
7	NM_025551	Ndufa12	NADH:ubiquinone oxidoreductase subunit A12	-2.28	1.37E-09
8	BC012955	Trib3	Tribbles pseudokinase-3	-2.3	7.81E-55
9	NM_008819	Pemt	Phosphatidylethanolamine N-methyltransferase	-3.41	4.54E-02

Conclusiones

La suplementación con vitamina una mezcla poliherbal con *Ocimum sanctum* y *Phyllanthus emblica* podría mejorar el balance energético de las ovejas en el periparto debido a que se observaron genes sobreexpresados relacionados con la síntesis de ATP en la fosforilación oxidativa; por otra parte, genes que nos podrían indicar un riesgo de esteatosis hepática, se encontraron subregulados, lo cual nos indica que el aprovechamiento energético se ve beneficiado con la suplementación.

Agradecimientos

Al CONAHCYT por el apoyo financiero a través del programa de becas de doctorado; al CEPIPSA de la UNAM, por permitir el trabajo experimental con los animales en sus instalaciones; a la Unidad de Microarreglos de la UNAM, por la colaboración para el análisis del microarreglo y al laboratorio de toxicología de la UAM-X.

Fuente financiadora

Proyecto “Evaluación y desarrollo de estrategias nutricionales para mejorar la eficiencia de utilización del alimento en ovinos” del cuerpo académico de nutrición de rumiantes, registrado en el Consejo Divisional de Ciencias Biológicas y de la Salud de la UAM-X

Referencias bibliográficas

1. Akinmoladun, O. F. (2022). Stress amelioration potential of vitamin C in ruminants: a review. *Tropical Animal Health and Production*, 54(1), 24.
2. Ayer, A., Fazakerley, D. J., Suarna, C., Maghzal, G. J., Sheipouri, D., Lee, K. J., Bradley, M.C., Fernandez-del-Rio, L., Tumanov, S., Kong, S.M.Y., Van der Veen, J.N., Yang, A., Ho, J.H., Clarke, S.G., James, D.E., Dawes, I.W., Vance, D.E., Clarke, C.F., Jacobs, R.L. y Stocker, R. (2021). Genetic screening reveals phospholipid metabolism as a key regulator of the biosynthesis of the redox-active lipid coenzyme Q. *Redox biology*, 46, 102127.
3. Gao, X., van der Veen, J. N., Vance, J. E., Thiesen, A., Vance, D. E., Thiesen, A., Vance, D.E. y Jacobs, R. L. (2015). Lack of phosphatidylethanolamine N-methyltransferase alters hepatic phospholipid composition and induces endoplasmic reticulum stress. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1852(12), 2689-2699.

CALIDAD DE TIBIA EN POLLOS DE ENGORDA ALIMENTADOS CON COLECALCIFEROL Y SUSTITUCIÓN PARCIAL POR 1-ALPHA HIDROXICOLECALCIFEROL.

Diego Zárate-Contreras¹, Arturo Pro-Martínez^{1*}, Gustavo Ramírez-Valverde¹, Eliseo Sosa-Montes², Fernando González-Cerón², Víctor M. Valdés-Narváez³

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México;

²Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México;

³Centro de Investigación Integral en Nutrición Animal S.A. de C.V., Texcoco, México.

*Autor para correspondencia: aproma@colpos.mx

Palabras clave: Vitamina D₃, calcio, fósforo.

Introducción

El 1- α (OH)D₃, es un análogo sintético del metabolito activo 1,25(OH)₂D₃, que resulta de la conversión de su precursor en el hígado. Edwards et al. (2002) mencionan que es ocho veces más activo que la vitamina D₃, promoviendo el crecimiento y el contenido de cenizas de tibia en aves alimentadas con dietas con diferentes concentraciones de calcio y fósforo. Cuando no se tienen las concentraciones adecuadas de estos minerales, así como de vitamina D₃, se desencadenan problemas que afectan el buen desarrollo de los huesos del ave, induciendo problemas en las patas, y afectando algunas características de la tibia (peso, contenido de cenizas, contenido de calcio y fósforo). En este estudio se hipotetizó, que la sustitución parcial de colecalciferol con 5 µg de 1- α (OH)D₃ en dietas para pollos de engorda mejora las características de la tibia.

Objetivo

Evaluar la sustitución parcial de colecalciferol con 5 µg de 1- α (OH)D₃ en dietas para pollos de engorda y su efecto en peso de la tibia, contenido de cenizas, calcio y fósforo en tibia.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, coordenadas 19° 27' 47" latitud norte y 98° 54' 27" longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. Se evaluaron tres tratamientos bajo un diseño experimental completamente al azar: tratamiento 1 (T₁) = 4,000 UI de vitamina D₃/kg de alimento; tratamiento 2 (T₂) = 2,400 UI de vitamina D₃/kg de alimento + 5 µg de 1- α (OH)D₃ equivalente a 1,600 UI de vitamina D₃/kg de alimento y tratamiento 3 (T₃) = 2,400 UI de vitamina D₃/kg de alimento (Cuadro 1). La composición de las dietas en cada etapa entre tratamientos fue: iniciación (3050 kcal de EM/kg de alimento y 22.5% PC), crecimiento (3100 kcal de EM/kg de alimento y 20.0% PC) y finalización (3200 kcal de EM/kg de alimento y 18.4% PC). Las dietas fueron analizadas en el laboratorio para determinar las concentraciones de calcio y fosforo disponible en cada tratamiento. Los tratamientos se suministraron a seis repeticiones de 39 pollos machos, cada una, de la línea Ross 308 de un día de edad. Las aves se alojaron en corrales de 3 m² con cama de viruta de madera de 2 cm de espesor a una densidad de 13 pollos/m². El régimen de iluminación fue de 23L:1D durante las primeras dos semanas, posteriormente fue de luz natural. El agua se suministró a libre acceso y el alimento se restringió 12 horas por día (18:00 a 6:00 horas) a partir del día (d) 10 de edad, para prevenir el síndrome ascítico. Los pollos se mantuvieron a una temperatura de 32 °C el primer día, y disminuyó 3 °C por semana hasta llegar a 23 °C, ajustando las cortinas laterales de los corrales y de la caseta.

Cuadro 1. Tratamientos experimentales, concentraciones analizadas de Ca y fósforo disponible en las dietas para pollos de engorda.

	¹ D ₃ UI/kg	1- α (OH)D ₃ µg/kg	Iniciación (1-14 d)		Crecimiento (15-28 d)		Finalización (29-49 d)	
			Ca, %	PD, %	Ca, %	PD, %	Ca, %	PD, %
T ₁	4,000	+	0	0.98	0.44	0.96	0.42	0.87
T ₂	2,400	+	5	0.98	0.43	0.91	0.37	0.61
T ₃	2,400	+	0	0.98	0.44	0.79	0.37	0.59

¹D₃= Colecalciferol; 1- α (OH)D₃= 1-alpha hidroxicolecalciferol (Vitamin Derivatives, Inc., Athens, GA. EUA). Tratamientos: T₁= 4,000 UI D₃/kg de alimento; T₂= 2,400 UI D₃/kg de alimento + 5 µg de 1- α (OH)D₃ equivalente a 1,600 UI D₃/kg de alimento y T₃= 2,400 UI D₃/kg de alimento.

A los 42 y 49 d de edad, 30 aves por tratamiento, cinco aves por repetición fueron seleccionadas al azar, se mataron de manera humanitaria acorde a la Norma Oficial Mexicana (2015, NOM-033-SAG/ZOO-2014), utilizando un cuchillo eléctrico aturdidor (modelo VS200, potencia de entrada 120V-1A, potencia de salida 50 V-0.1A, Midwest Processing Systems, Minneapolis, MN, USA), para extraer la tibia izquierda. Se registro el peso (g) de las tibias y se determinó su contenido de cenizas. Los resultados se reportaron como porcentaje del peso seco, calculado con la siguiente ecuación:

$$CCTi = ((PCTi)/PSTi) * 100$$

Dónde: CCTi: Contenido de cenizas de la tibia, PCTi: Peso de las cenizas de la tibia y PSTi: Peso seco de la tibia.

El contenido de calcio y fósforo en la tibia se evaluó conforme a la metodología descrita por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). Se evaluaron dos tibias por repetición (12 por tratamiento), seleccionadas al azar de aquellas en las que se evaluó el CCTi, cada muestra de tibia fue evaluada por duplicado en el laboratorio. Los datos fueron analizados con SAS versión 9.3 (SAS, 2011), se utilizó un modelo lineal mixto. La comparación de medias se realizó empleando la prueba LSD ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

El peso de las tibias de T₂ fue menor respecto al de T₁ ($P < 0.05$), sin embargo, lo observado en estos tratamientos no fue diferente de T₃ (Cuadro 2). Respecto a cenizas, Ca y P, no se observaron diferencias por efecto de tratamientos. En relación con la edad, la variable peso, registro valores menores al día 42 con respecto al día 49, ocurriendo lo contrario en la variable cenizas. El peso de la tibia fue afectado por la interacción tratamiento por edad (Cuadro 2). El mayor peso de la tibia se observó ($P < 0.05$) en las aves de T₁ (19.33 g) al día 49 con respecto a los otros tratamientos (T₂, 18.43 g y T₃, 18.03 g, respectivamente) y el menor valor se obtuvo en las aves de T₂ (15.01 g) al día 42 con respecto a T₃ (16.05 g), estos valores son de cada tratamiento al día 42 y 49 de edad.

Cuadro 2. Características de la tibia de pollos de engorda alimentados con diferentes concentraciones de colecalciferol y 1- α (OH)D₃.

Tibia	Fuente de vitamina D ¹			EEM	Edad (d)		EEM		P-valor	
	T ₁	T ₂	T ₃		42	49	T	Edad	T x Edad	
Peso, g	17.47 ^a	16.72 ^b	17.04 ^{ab}	0.25	15.56 ^b	18.60 ^a	0.22	0.0474	<0.0001	0.0127
Cenizas, %	43.71 ^a	43.27 ^a	43.75 ^a	0.56	44.66 ^a	42.50 ^b	0.48	0.7605	0.0004	0.7958
Calcio, %	16.62 ^a	17.21 ^a	16.65 ^a	0.32	16.93 ^a	16.73 ^a	0.25	0.3739	0.6013	0.2753
Fósforo, %	7.83 ^a	7.70 ^a	8.00 ^a	0.17	7.82 ^a	7.91 ^a	0.10	0.1038	0.4964	0.0993

^{ab}Medias de tratamientos con letras iguales dentro de cada fila no son diferentes ($P < 0.05$). EEM= error estándar.

¹Tratamientos: T₁ = 4,000 UI D₃/kg de alimento; T₂ = 2,400 UI D₃/kg de alimento + 5 µg de 1- α (OH)D₃ equivalente a 1,600 UI D₃/kg de alimento y T₃ = 2,400 UI D₃/kg de alimento.

En relación a las características de la tibia, son pocos los estudios realizados con el metabolito 1- α (OH)D₃ en combinación con la vitamina D₃. El aumento del peso de la tibia se debió a un efecto de la interacción tratamiento por edad, donde las tibias de aves T₂, registraron un valor inferior a T₁ al día 49 de edad y a los 42 días el peso de la tibia fue inferior a los de T₃, la información es limitada sobre la interacción 1- α (OH)D₃ y colecalciferol y la edad, se sugiere estudiarla a mayor detalle.

Los pesos de la tibia fueron mayores al día 49 de edad, este comportamiento, es normal, debido a que el crecimiento de los huesos no ha terminado y conforme aumenta la edad del ave aumenta el desarrollo óseo.

El mayor contenido de cenizas (44.66%) se presentó el día 42. Bond et al. (1991) mencionaron que el porcentaje de cenizas en tibia varía con la edad del ave, en la primera semana tiene entre 38%-42%, incrementado hasta la semana 5 con un 48%-49%, y después se observan pequeñas variaciones en el porcentaje, disminuyendo y aumentando conforme pasan las semanas.

No se encontraron diferencias en el porcentaje de calcio (16.83%) y fósforo (7.87%) en la tibia por efecto de los tratamientos y la edad, datos similares en Ca (16.55%) y ligeramente superiores en P (8.28%) fueron reportados por Landy y Toghyani (2014), en aves alimentadas con 5 µg/kg de 1- α (OH)D₃.

Conclusiones

En conclusión, la sustitución parcial de colecalciferol con 1- α (OH)D₃ en dietas para pollos de engorda, no afectó el contenido de cenizas, calcio y fósforo en tibia, respecto a la dieta con 4000 UI de vitamina D₃.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, así como a la empresa Trouw Nutrition México, S.A. de C.V. por el financiamiento de este proyecto. Este estudio es parte LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. AOAC. (1990). Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1990. 15th Ed, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 771 pp.
2. Bon, PL, Sullivan TW, Douglas JH., Robeson LG. 1991. Influence of age, sex and method of rearing on tibia length and mineral deposition in broilers. *Poultry Science*, 7:1936-1942.
3. Edwards HM, Shirley RB, Escoe WB., Pesti GM. 2002. Quantitative evaluation of 1-alpha-hydroxycholecalciferol as a cholecalciferol substitute for broilers. *Poultry Science*, 81:664-669.
4. Landy N., Toghyani M. 2014. Evaluation the effects of dietary cholecalciferol substitution with 1alpha-hydroxycholecalciferol on performance and tibia parameters in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 13(9):515-517.
5. SAS Institute Inc. 2011. SAS user's guide: statistics version. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 959 pp.

CONSUMO DE ESPECIES VEGETALES DE CAPRINOS CRIOLLOS USANDO UNA TABLA DE BOCADOS CALIBRADA AL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO.

Yessica E. Vázquez-Martínez¹, Cecilia C. Zapata- Campos^{1*}, Pedro G. González-Pech², J. Felipe de J. Torres-Acosta², Arturo Mora-Olivio³, Jorge Alva-Perez¹, Nidia Garza-Martínez¹, Jaime Sanchez-Villasana¹.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas “Dr. Norberto Treviño Zapata”

² Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán

³ Facultad de Ingeniería y Ciencias, Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas

*Autor para correspondencia: cezapata@docentes.uat.edu.mx

Palabras clave: Consumo vegetal, caprinos, bocados.

Introducción

El monitoreo continuo de los bocados a través de la observación directa fue desarrollado para precisar de manera clara cuánto, y qué es lo que el animal consume durante su período de pastoreo en ambientes heterogéneos. El uso de la categorización de bocados permite determinar el tipo de arquitectura del bocado (hojas simples redondas u ovadas, hojas redondas u ovadas con ramas, hoja y rama de enredadera, hojas bipinnadas con rama y hoja y tallo de pastos) así también el rango del tamaño del bocado (cm) dependiendo de la longitud del material cosechado y su peso en materia seca. El conocimiento de la composición botánica de las dietas de los caprinos y su consumo en pastoreo permite desarrollar estrategias de manejo nutricional y a la par fortalecer la conservación de recursos naturales.

Objetivo

Determinar el consumo de especies vegetales de caprinos criollos usando el método de observación directa mediante una tabla de bocados calibrada al MET.

Materiales y métodos

El área de estudio comprendió 10 ha de MET propiedad de la FMVZ-UAT, ubicado en Cd. Victoria, Tamaulipas. Se colectaron las especies botánicas del sitio de pastoreo en tres ocasiones durante un año (2023) y las muestras (hojas, frutos y/o flores) se identificaron con respecto a familia, género y especie en el herbario del Instituto de Ecología Aplicada UAT. Por otro lado se seleccionaron ocho caprinos (4 hembras, 37.5 ± 5.4 , 2 años; 4 machos, 40.7 ± 0.6 , 3 años), los cuales fueron habituados al tiempo de pastoreo, la distancia del corral al área de estudio y a la presencia de los observadores, esto último siguiendo la metodología de González-Pech et al. (2018). Para poder determinar el consumo de especies vegetales mediante el uso de una tabla de bocados, se calibró la tabla empleada en la selva baja caducifolia de Yucatán (SBC) al MET. Esto se realizó comparando las especies vegetales identificadas en los tres muestreos de la zona de pastoreo con las especies reportadas consumidas por caprinos y ovinos en la SBC. Los observadores fueron capacitados para la identificación y diferenciación de las diferentes categorías de bocados descritas en la tabla así como de las especies de plantas. El monitoreo ingestivo de los animales se realizó mediante observación directa continua para esto, el rebaño de hembras y machos fue llevado a pastoreo por separado en días alternos. Los bocados de cada animal se monitorearon individualmente durante un período de 2 horas cada semana. Durante este tiempo los observadores permanecieron a una distancia de 0.5-1 m de los animales experimentales a fin de mejorar la calidad de la observación. Se utilizó un diseño de cuadrado latino, para programar las observaciones de los caprinos en uno de dos turnos diarios (8:00 am-10:00 am, 10:00 am-12:00 pm) para ambos observadores, asegurando que cada animal fuera observado en cada uno de los horarios por cada uno de los observadores. Se registraron dos días completos de observaciones mensuales por cada animal (octubre-noviembre 2023), en los cuáles se realizaron grabaciones de voz para registrar las especies de plantas ingeridas y las respectivas categorías de bocado (CB) realizadas por cada animal.

Análisis estadístico: La habituación a los observadores fue determinada por la distancia de fuga final (DFF) (1 m). Se realizó un análisis de Friedman para comparar la diferencia entre las medias de las distancias a través de los días de habituación, declarando diferencias entre los días mediante la prueba post hoc Wilcoxon ($p < 0.05$). Se determinó la confiabilidad del entrenamiento de los observadores con respecto a la concordancia de observaciones mediante la prueba de Kappa de Fleiss. Los datos obtenidos

mediante la observación directa se vaciaron a una hoja de cálculo Excel y se realizó un estadístico de frecuencia de especies, estructuras y bocados de las plantas consumidas. La comparación entre frecuencias de las especies y estructuras consumidas se realizó usando un ANOVA de una vía para aquellas plantas con más de 500 bocados y por su estructura (datos paramétricos) y se utilizó un análisis de Kruskal Wallis para los que tuvieron igual o menos de 500 bocados (no paramétricos). Los valores de $P < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos. Esto se realizó mediante el programa estadístico PAST.

Resultados

La distancia inicial de fuga de las hembras fue de 3.73 ± 1.5 m y el de machos de 3.06 ± 0.94 m. Con respecto a la distancia final de fuga, se observó disminución conforme transcurrieron los días de habituación ($p < 0.01$). En el caso de las hembras, esta distancia se redujo de una media de 1.06 ± 0.6 m correspondiente al día uno a 0.68 ± 0.28 m en el día seis (Figura 1), resultados similares se observó en los machos. Las distancias fueron diferentes estadísticamente entre los días de habituación ($p < 0.01$). Con respecto al entrenamiento de los observadores en la concordancia de los registros, una serie de 40 bocados consecutivos fueron registrados por los tres observadores (planta y categoría de bocado), se obtuvo un valor kappa de 0.76 ($p < 0.001$), considerada como sustancial. Con respecto a la identificación de las plantas del sitio experimental se identificaron 91 especies de las cuales 67 fueron consumidas de manera general y 35 tanto por machos y hembras. Once especies se consumieron con una frecuencia >500 bocados, siendo en su mayoría pastos y arbustivas, destacando *Megathyrsus maximus* ($n= 17,249$) y *Celtis pallida* ($n= 7196$). Consumieron hojas seca de *C. pallida*, *E. anacua*, *C. laevigata*, *B. divaricata*, *H. patens*, *C. berlandieri*, *S. terebinthifolius*, *M. alba* y *P. tamaulipana* (Figura 2). Las especies consumidas con ≤ 500 bocados fueron 24 de las cuales el 20.83% eran hierbas ($n=5$), el 29.16% trepadoras ($n=7$) y el 50% ($n=12$) eran arbustivas (Figura 3). Es importante mencionar que el 74% y 40.46% de los bocados de *H. patens* y *S. terebinthifolius*, respectivamente, fueron hechos en corteza. Con respecto a la arquitectura de los bocados, el 96.6% de estos estuvieron constituidos por hojas simples y compuestas, hojas con tallo, hojas con liana, briznas, vainas, frutos y flores. Durante el monitoreo se observó el consumo de otro tipo de estructuras que incluían espigas, cortezas y tallos sin hoja ($n= 1396$) pertenecientes a pastos y plantas arbóreo-arbustivas. Debido a la baja frecuencia de bocados de las flores, vainas, frutos y tallos, estos fueron agrupados para poder graficarse con el resto de las estructuras vegetales (Figura 4).

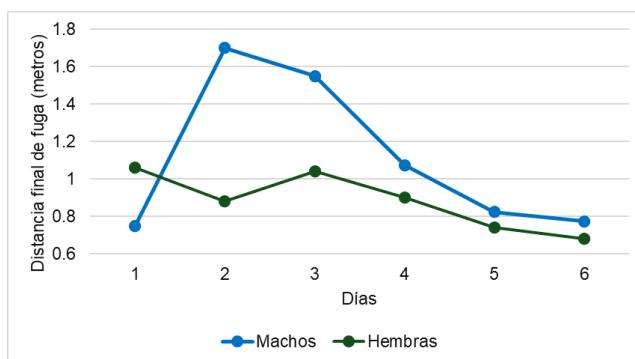


Figura 1. Progreso de las distancias finales de fuga (m) de ambos rebaños confrontados en el agostadero ($p < 0.01$).

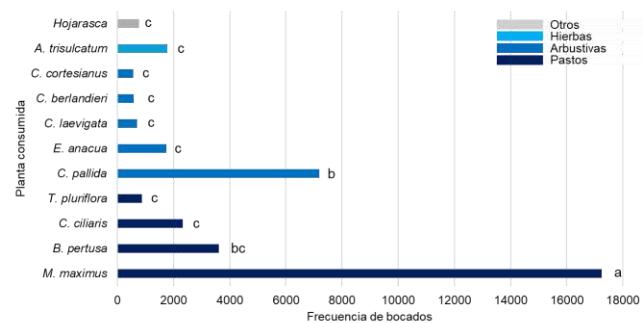


Figura 2. Plantas consumidas con una frecuencia superior a los 500 bocados ($p < 0.01$)

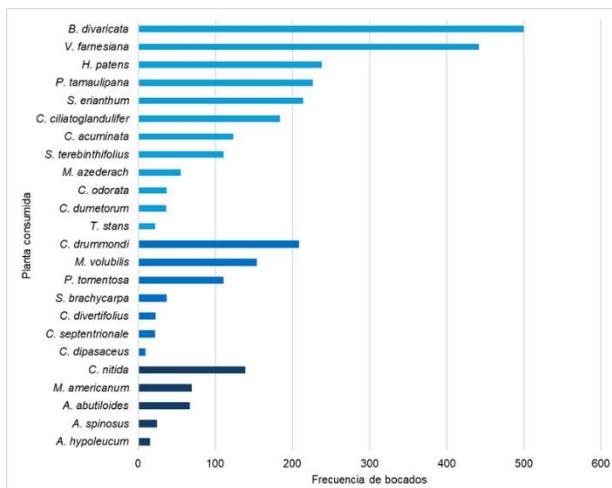


Figura 3. Plantas consumidas con una frecuencia de 500 o menos bocados ($p <0.01$).

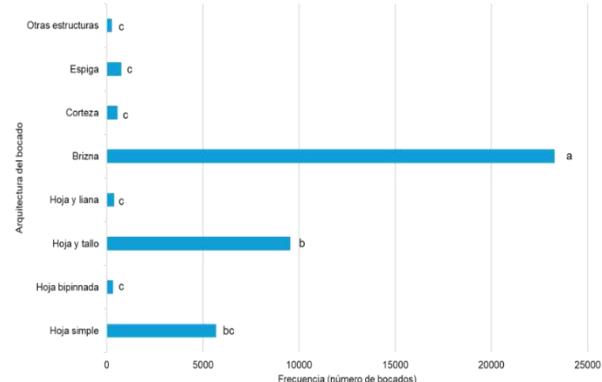


Figura 4. Distribución de las frecuencias de los bocados con respecto a las estructuras consumidas ($p <0.01$).

Discusión

En este estudio la habituación al humano se obtuvo en un periodo de 6 días menor a lo encontrado en otros estudios de 10-12 días, así también la distancia inicial de fuga en nuestro estudio fue de 3.06-3.73 m fue mayor a lo encontrado por González-Pech et al. (2018) en cabras (1.5 m) pero menor a lo reportado por Erhard et al (2006) en ovinos de 5.5-7.3 m, al paso de las observaciones la distancia final de fuga fue de 0.68 en el último día de observación, esta distancia es menor a la reportada en las investigaciones ya citadas. Por otro lado, en este estudio se encontró que la planta con mayor número de bocados *Megathyrsus maximus* fue un pasto y la segunda con mayor bocados fue *Celtis pallida* que es una arbustiva. Los caprinos son considerados consumidores intermedios es decir, si hay mayor presencia en el agostadero de pastos o arbustivas pueden seleccionar ambas, sin embargo tienen una alta preferencia de consumo por las arbustivas (Foroughbakhch et al., 2013), ya que es por medio del ramoneo que obtienen nutrientes de estratos superiores de estas plantas. En este estudio fueron los pastos los que obtuvieron un mayor número de bocados, esto se atribuye que en los meses de estudio se presentaron precipitaciones pluviales lo que ocasionó que estos estuvieran disponibles a lo largo del agostadero a diferencia de las arbustivas, que si bien presentaban mayor diversidad, se encontraban dispersas por el agostadero, por lo que los caprinos preferieron consumir lo más cercano disponible en su menú (platillo). Por lo tanto fue la brizna la estructura más consumida (pasto) y posteriormente hoja y tallo (arbustivas). Es importante mencionar que se observó el consumo de solo tallo y corteza, estructuras no presentes en la tabla de bocados habitual.

Conclusiones

Las cabras consumen con mayor frecuencia las plantas que son más representativas de la vegetación de estudio, así también consumieron estructuras no consideradas dentro de la tabla de bocados. Es importante determinar el consumo por materia seca de las especies vegetales para determinar que especies tienen un aporte realmente importante en la dieta de los caprinos, así también realizar la observación directa en otra época del año e integrar al tallo y a la corteza a una tabla de bocados adaptada al MET.

Referencias bibliográficas

1. González-Pech, P. G., Marín-Tun, C. G., Valladares-González, D. A., Ventura-Cordero, J., Ortiz-Ocampo, G. I., Cámara-Sarmiento, R., Sandoval-Castro, C. A., & Torres-Acosta, J. F. J. (2018). A protocol of human animal interaction to habituate young sheep and goats for behavioural studies. *Behavioural Processes*, 157, 632–637.
2. Erhard H. W; Elston D.A; Davidson G.C. (2006). Habituation and extinction in an approach-avoidance test: An example with sheep. , 99(1-2), 132–144.
3. Foroughbakhch, R., Hernández-Piñero, J. L., Carrillo-Parra, A., & Rocha-Estrada, A. (2013). Composition and animal preference for plants used for goat feeding in semiarid Northeastern Mexico. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(4), 1034–1040.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LECHONES SUPLEMENTADOS CON *Saccharomyces cerevisiae*.

Valeria Bautista-Sánchez¹, Alejandro García-Salas^{1*}. J. Eduardo García-Martínez¹, Pedro Carrillo-López¹ y Joel Ventura Ríos¹.

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C. P. 25315.

*Autor para correspondencia: alejandro.garcias@uaaan.edu.mx

Palabras clave: Destete, ganancia de peso, salud intestinal.

Introducción

En la porcinocultura, el proceso de destete en los lechones constituye un momento que puede generar estrés, ya que implica la separación abrupta de la madre. Aunque la separación de la cerda es el principal factor que origina el estrés, se agregan otros elementos como la adaptación a un nuevo entorno, la modificación en la alimentación y la alteración de la microbiota intestinal. Además, se presenta la competencia con animales desconocidos en la disputa por el acceso al alimento (Alavez Bautista, 2020). El momento inmediatamente post-destete es muy importante para el lechón, ya que su rendimiento dependerá de la ganancia de peso que logre entre el destete y los siguientes cuarenta días. Este momento es traumático para el lechón, ya que va a recibir una dieta completamente distinta que intenta suplir a la leche materna. La edad de destete está influenciada por el interés económico, ya que, mediante la disminución de la edad de destete se incrementa dramáticamente la cantidad de lechones destetados anualmente por marrana. Debe tenerse en cuenta que mientras más temprano se realice el destete, de mayor intensidad serán los problemas (diarreas y merma en el crecimiento) para los destetados. Básicamente debido a la inmadurez del aparato digestivo.

Objetivo

Evaluar el efecto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, sobre el comportamiento productivo en lechones post-destete.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la Unidad Porcina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situada al sur del municipio de Saltillo, específicamente en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Esta instalación se encuentra a una altitud de 1,783 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 25° 21' 10" de latitud norte y 101° 01' 52" de longitud oeste. La UAAAN opera una granja porcina de ciclo completo. El experimento se llevó a cabo utilizando tres camadas de lechones a lo largo de un período de 100 días, donde se fueron registrando los muestreos cada 15 días. Se implementaron tres modalidades de tratamiento(T), siendo el T1(n=6) =testigo con un destete a los 35 días de edad, T2(n=6) = 10 g de levadura/kg de alimento y T3(n=6) = 20 g de levadura/kg de alimento, mismos con un destete a los 21 días de edad. Todos los lechones se les empezó a ofrecer el alimento y aditivo a partir de la primera semana de vida. La levadura utilizada fue SINERGIS®, la cual consiste en una levadura lisada de *Saccharomyces cerevisiae*. Este producto exhibe una elevada biodisponibilidad de citoplasma y componentes de la pared celular, siendo empleado con propósitos nutricionales.

Cuadro 1. Análisis químico SINERGIS®.

Variable	Contenido (%)
Proteína cruda	36%
Humedad	5.5%
Cenizas	5.5%
Fibra cruda	1.5%
Extracto etéreo	2.5%

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde se tomó como una unidad experimental a cada lechón. Los datos se analizaron mediante el PROC GLM (SAS, 2022) y las variables evaluadas se compararon con la prueba de Tukey (Steel, Torrie, & Dickey, 1997) tomando como covariante el peso vivo inicial (PVI).

Resultados y discusión

El comportamiento productivo que presentaron los lechones destetados a los 35 días (T1), fue menor al que manifestaron el T2 y T3, los cuales fueron destetados a los 21 días más un suplemento de 10 y 20 g de levadura/kg de alimento. Sin embargo al final del muestreo (100 días) el T3 fue superior con respecto a T1 y T2 respectivamente ($p<0.05$) (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Comportamiento productivo de lechones suplementados con *Saccharomyces cerevisiae*.

	Periodo de evaluación (días)									
	Nacimiento	15	21	30	35	45	60	75	90	100
T1	1.35	3.90	5.41 ^{ab}	7.68 ^a	8.25 ^a	9.38 ^a	11.20 ^b	16.06 ^{ab}	21.56 ^b	23.96 ^b
T2	1.34	3.46	4.48 ^b	4.4 ^c	5.16 ^b	5.93 ^b	7.35 ^c	12.06 ^b	17.70 ^b	20.92 ^b
T3	2.15	4.5	6.01 ^a	5.85 ^b	7.2 ^a	9.91 ^a	13.56 ^a	18.53 ^a	28.06 ^a	33.08 ^a
EEM	0.101	0.17	0.208	0.358	0.347	0.475	0.701	0.900	1.224	1.480

^{a, b, c}Literales diferentes en la misma columna presentan diferencias estadísticas ($p<0.05$). EEM: Error Estándar de la Media. T1=Testigo, sin levadura, con un destete a los 35 días de edad; T2=10g de levadura/kg de alimento, con un destete a los 21 días de edad y T3=20g de levadura/kg de alimento, con un destete a los 21 días de edad.

Para las condiciones en que se realizó la presente investigación, estos resultados muestran que el T2 y T3 al ser destetados a los 21 días de edad presentan una ganancia de peso mínima o incluso una perdida durante los cinco días subsecuentes, este efecto puede estar siendo generado por el estrés que presenta el lechón al ser destetado a una temprana edad (Alavez Bautista, 2020). Sin embargo, los lechones del T2 y T3 una vez que logran superar ese periodo de estrés post-destete y el efecto positivo que presenta el suministro de la *S. cerevisiae* logran recuperarse y en los días restantes de la prueba superan en ganancia de peso al T1. Este efecto se puede atribuir a que la suplementación de *S. cerevisiae* en diferentes formas (levadura viva, muerta o componentes de la pared celular) mejora la conversión alimenticia, el desarrollo intestinal y estimula el sistema inmune de lechones destetados tempranamente (Jiang et al., 2015). Por otra parte, se ha reportado que se ve mejorado el estado de salud de los animales, donde se asume que se presenta un incremento de bacterias benéficas dentro de tracto gastrointestinal y posterior activación del sistema inmune, mejorando la ganancia de peso (Galaz et al., 2018)

Conclusiones

Para las condiciones en que se realizó la investigación, podemos concluir que, la inclusión de 20g/kg de alimento de levadura *S. cerevisiae* como probiótico, mejora el comportamiento productivo de los lechones destetados a 21 días.

Se recomienda realizar más estudios con un mayor número de animales por tratamiento para obtener información más específica.

Agradecimientos

A la Coordinación de la División de Ciencia Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Referencias bibliográficas

1. Alavez Bautista , V. B. (2020). Bienestar del lechon destetado: Evaluación de las expresiones faciales, respuestas termográficas infrarrojas y análisis de su estado de salud. *Universidad Autónoma Metropolitana*.
2. Jiang, Z., Wei , S., Wang, S., Zhu, C., Hu, S., Zheng, C., . . . Yang, X. (2015). Effects of different forms of yeast *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, intestinal development, and systemic immunity in early-weaned piglets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 6 (47).
3. Galaz Galaz, V. M., Moreno Salazar, S. F., Dávila Ramírez , J. L., Sosa Castañeda, J., Celaya Michel, H., Morales Munguía , J. C., . . . Barrera silva , m. Á. (2018). Efectos de la suplementación de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) y dietas con diferentes densidades de nutrientes en cerdos en crecimiento-finalización bajo estrés calórico severo. *Interciencia* .

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL Y PAREDES CELULARES, EN DISTINTAS ETAPAS FENOLÓGICAS, PARA VARIEDADES DE *Glycine max* OBTENIDAS A PARTIR DE MUTAGÉNESIS.

Humberto Hernández-Hernández^{1*}; Francisco Alejandro Castrejón-Pineda²; Jesús Salmerón-Erdosay¹; Régulo Jiménez-Guillén¹; Silvino Carrillo-Pita¹; José Luis Brito-Gutiérrez¹; Jesús Antonio Delgado-Arroyo³

¹ Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro) - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) México; ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); ³ Tesista CSAEGro
* Autor para correspondencia: humbertoohh61@hotmail.com

Palabras clave: Análisis químico, soya.

Introducción

Mundialmente, respecto al procesamiento de forrajes y alimentos, la soya (*Glycine max* L.) es una fuente de proteína vegetal de alta calidad, considerándose de amplia disponibilidad, pues incluso el 85 % de la producción mundial se utiliza también para la producción de forraje para animales no rumiantes (Guo *et al.*, 2022). En las últimas décadas representa más de tres cuartas partes del suministro mundial para formulaciones de alimentos empleados en sistemas de producción animal, resultando ser una muy valiosa fuente concentrada de proteínas, energía y aminoácidos esenciales (Anónimo, 2023).

Por otra parte, un factor coadyuvante para lo anterior, es la factibilidad de su mejoramiento genético, particularmente mediante irradiación gamma recurrente de Co⁶⁰ para inducción de mutación en semillas y posteriores procesos de selección, para lograr mejores características (variantes en desarrollo fenológico, resistencia a las enfermedades y a estrés ambiental, mejoras en rendimientos y valores nutritivos, como recurso forrajero y recurso alimenticio en animales y humanos; apoyo alternativo en salud y economía de la población).

Conforme a lo anteriormente señalado, para la presente investigación se estableció la hipótesis de que existen diferencias, en al menos uno de los componentes del análisis químico proximal y de las paredes celulares y, complementariamente, para el contenido de materia seca, respecto a los genotipos de *Glycine max* evaluados (Valente y Ojo de Tigre), o para alguna de las distintas etapas fenológicas en estudio (inicio de floración, plena floración y formación de vainas, para planta completa), o la interacción de ambos factores.

Objetivo

En alcance a lo anterior, el objetivo fue evaluar componentes del análisis químico proximal, contenido de paredes celulares, y materia seca, para dos variedades de soya (generadas a partir de inducción de mutagénesis y selección), en tres distintas etapas fenológicas.

Materiales y métodos

Para dos genotipos de *Glycine max* L. [Valente y Ojo de Tigre [obtenidos a partir de inducción de mutagénesis con apoyos del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares de la Secretaría de Energía (SENER), y procesos de selección y mejoramiento], eventualmente registrados como variedades por el CSAEGro • SADER y sembradas en junio de 2019, se tomaron muestras de biomasa aérea dentro de tres etapas fenológicas de planta [inicio de floración (etapa R1), plena floración (etapa R2), formación de vainas (etapa R4)], las cuales se caracterizaron por registro de variables de respuesta mediante análisis químico proximal [proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), elementos libres de nitrógeno (ELN), y cenizas (CEN)], contenido de paredes celulares [fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA)] y, complementariamente, materia seca (MS)].

Para análisis estadísticos de los datos registrados, se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial (dos genotipos y tres etapas fenológicas; n = 4). Las muestras fueron procesadas para análisis en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ-UNAM y complementación de análisis en el Laboratorio de Zootecnia del CSAEGro. Mediante el programa SAS (v. 9.2), los resultados se sometieron a análisis de varianza y se realizaron las respectivas comparaciones de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

Observando el Cuadro 1, en el perfil químico para la biomasa aérea, relativo a la variedad, se presentaron efectos no significativos ($p>0.05$) sobre contenidos de EE y FDA, pero sí ($p<0.05$) para contenido de PC y de FC, ELN, CEN, FDN y MS; en lo general sobresale la variedad Valente, aunque Ojo de Tigre tiene mejores condiciones respecto a FDN y FDA.

En relación con la etapa fenológica, no se aprecian efectos ($p>0.05$) para FC, y los mejores niveles de calidad nutricional ($p<0.05$) se registraron principalmente en el inicio de floración y en cierto grado en plena floración, pero antes de presentarse el desarrollo de vainas.

Cuadro 1. Comparación de medias para los componentes del análisis químico proximal y materia seca de biomasa aérea, según cada factor fuente de variación e interacción.

Factor Fuente de Variación ¹	Componente ² (medias y comparación estadística ³)								
	PC	FC	EE	ELN	Cen	FDN	FDA	MS	
V	Val	15.47 a	26.14 a	6.25 a	39.34 b	7.03 a	44.80 a	34.48 a	94.24 a
	OdT	14.61 b	24.69 b	6.38 a	41.49 a	6.27 b	43.67 b	34.37 a	93.46 b
EF	IF	16.21 a	24.98 a	6.23 b	38.24 c	6.97 a	39.67 c	32.42 c	92.64 c
	PF	15.49 a	25.89 a	6.82 a	40.12 b	6.35 b	43.36 b	34.50 b	94.68 a
	FV	13.41 b	25.38 a	5.89 b	42.89 a	6.64 ab	49.67 a	36.35 a	94.23 b
GxEF	Val x IF	15.91 ab	26.11 ab	6.31 b	36.87 c	7.59 a	39.68 d	32.97 cd	92.80 d
	OdT x IF	16.50 a	23.84 b	6.15 b	39.61 b	6.35 bc	39.65 d	31.88 d	92.47 d
	Val x PF	16.70 a	27.00 a	6.32 b	38.56 bc	6.52 bc	44.72 b	34.43 bc	95.11 a
	OdT x PF	14.29 bc	24.78 ab	7.32 a	41.67 a	6.18 c	42.01 c	34.57 bc	94.26 bc
	Val x FV	13.79 c	25.30 ab	6.12 b	42.60 a	6.98 ab	50.00 a	36.04 ab	94.81 ab
	OdT x FV	13.03 c	25.45 ab	5.67 b	43.19 a	6.29 bc	49.34 a	36.66 a	93.65 c

¹ V: variedad; Val: Valente; OdT: Ojo de Tigre; EF: etapa fenológica; IF: inicio de floración; PF: plena floración; FV: formación de vaina

² PC: proteína cruda; FC: fibra cruda; EE: extracto etéreo; ELN: elementos libres de nitrógeno; Cen: cenizas; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; MS: materia seca

³ literales iguales por columna, dentro de cada factor, o interacción, indican similitud estadística ($p>0.05$)

Es de reconocerse que no sólo los parámetros de producción animal se ven afectados por el carácter genotípico (y consecuente expresión fenotípica), además del estado fenológico del aprovechamiento, sino que también particularmente se relaciona con la composición química de la biomasa aérea como forraje. En tal sentido, observando los resultados de los análisis en conjunto y así coincidiendo con lo indicado por Flores (2022), con los niveles de PC más altos (en este caso, Valente más que Ojo de Tigre: Val > OdT), y con etapas fenológicas más tempranas (inicio de floración a plena floración: IF y PF) siempre se favorece una mejor calidad nutricional del forraje. Por otra parte, y concretamente en lo que respecta a las fracciones de fibra, de acuerdo con lo señalado por Shick (2023) donde para esta investigación son similares los genotipos, la etapa fenológica más avanzada (PF) afectará negativamente el consumo y digestibilidad del forraje; cuando los niveles de fibra tienden a ser más altos, la calidad del forraje disminuye, de tal modo que, si aumenta el porcentaje de la FDN, el consumo de materia seca por lo general se reduce reiterando que, si la FDA aumenta, entonces hay menor aporte de energía a la vez que se reduce la digestibilidad del forraje (coinciéndolo con Lemus, 2020). Por tanto, los indicadores antes reportados, se relacionarían así con la respuesta productiva de los animales. Conjugando ambos factores en estudio, y de acuerdo con el comportamiento de las variables de respuesta, se aprecia que prevalece un desempeño perceptiblemente mejor de la variedad Valente, particularmente entre las etapas fenológicas de inicio de floración y plena floración.

Conclusiones

De acuerdo con el perfil químico de la biomasa aérea, la variedad de soya no afecta extracto etéreo y fibra detergente ácido, pero sí proteína cruda, elementos libres de nitrógeno, cenizas, fibra detergente neutro, y materia seca. En este sentido, particularmente sobresale la variedad Valente por sobre Ojo de Tigre.

En cuanto a la etapa fenológica, los mejores niveles de calidad nutricional se muestran entre el inicio de floración y plena floración, antes de presentarse el desarrollo de vainas.

Bajo las condiciones de la presente investigación, contemplando la conjunción de ambos factores en estudio, sobresale el desempeño de la variedad Valente, durante su desarrollo entre las etapas fenológicas de inicio de floración y plena floración.

Agradecimientos y fuentes financieras

Por las facilidades brindadas para los análisis y apoyos económicos, así como valiosas colaboraciones, se agradece al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ-UNAM (Dr. Luis Corona Gochi; Francisco Alejandro Castrejón Pineda), al Laboratorio de Zootecnia del CSAEGro - SADER, y al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares – SENER (Dr. Eulogio de la Cruz Torres).

Referencias bibliográficas

1. Anónimo. 2023. Why soybean meal dominates the animal feed market. Anderson International Corp. Ohio, USA. [En <https://www.andersonintl.com/why-soybean-meal-dominates-the-animal-feed-market/>; consulta: junio de 2024].
2. Flores F., L.F. 2022. La soya y su aporte nutricional en alimento para animales. Tryadd®. México. [En <https://tryadd.mx/blog/la-soya-y-su-aporte-nutricional-en-alimento-para-animales>; consulta: junio de 2023].
3. Guo B.; Sun L.; Jiang S.; Ren H.; Sun R.; Wei Z.; Hong H.; Luan X.; Wang J.; Wang X.; Xu D.; Li W.; Guo C.; Qiu L.J. 2022. Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production. *Theor Appl Genet.* 2022 Nov; 135(11): 4095-4121. doi: 10.1007/s00122-022-04222-9. Epub 2022 Oct 14. Erratum in: *Theor Appl Genet.* 2022 Nov 24; PMID: 36239765; PMCID: PMC9561314. [En <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9561314/>; consulta: mayo de 2024].
4. Lemus, R. 2020. Forage Nutritive Value on Livestock Production: Why CP and TDN Matter? En Forage News. Mississippi State University Extension. [En: <http://extension.msstate.edu/newsletters/forage-news/2020/forage-nutritive-value-livestock-production-why-cp-and-tdn-matter>; consulta: junio de 2024].
5. Schick, B. 2023. Deciphering a Hay Test: ADF and NDF. En: Pasture and Forage Minute: Understanding ADF and NDF, Hay Quality After Calving. Institute of Agriculture and Natural Resources, CropWatch - University of Nebraska-Lincoln. [En: <https://cropwatch.unl.edu/2023/pasture-and-forage-minute-understanding-adf-and-ndf-hay-quality-after-calving>; consulta: junio de 2024].

DIGESTIBILIDAD ESTANDARIZADA DE AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNA DEL GARBAÑO (*Cicer arietinum*) EN CERDOS EN CRECIMIENTO.

Carlos Eliseo Cortez Alcaraz¹, Gerardo Ordaz Ochoa², Ericka Ramírez Rodríguez², Tércia Cesária Reis de Souza³, Gerardo Mariscal Landín^{2*}.

¹Facultad de Estudios Superiores, UNAM; ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP; ³Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, México.

*Autor para correspondencia:mariscal.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Garbanzo, *Cicer arietinum*, cerdos.

Introducción

La alimentación es el rubro más importante en la producción de cerdos y representa alrededor del 70% del costo total. Lo que obliga a optimizar la eficiencia del uso de los alimentos; y para lograrlo se requiere un adecuado conocimiento del valor nutritivo de las materias primas. Sobre todo, en el aporte de aminoácidos. Esta condición se vuelve esencial cuándo se pretende utilizar en las dietas materias primas alternativas. En el contexto actual de incrementos en los precios de las materias primas tradicionales, el uso eficiente de las materias primas alternativas adquiere una importancia crucial. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar al garbanzo (*Cicer arietinum*) como fuente de proteína y aminoácidos para cerdos.

Objetivo

Evaluar en cerdos en crecimiento la digestibilidad ileal estandarizada de los aminoácidos del Garbanzo (*Cicer arietinum*)

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el CENID Fisiología y Mejoramiento Animal del INIFAP. El manejo empleado en los animales respetó los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Se utilizaron 8 cerdos Landrace × Large-White, con un peso de 55 ± 2.0 kg. Los cerdos se alojaron en jaulas metabólicas localizadas en un corral con temperatura controlada. A los cerdos se les implantó una cánula en "T" a nivel del ileón terminal; el periodo postquirúrgico duró 21 días. Durante el periodo experimental los cerdos se alimentaron dos veces al día a razón de 2.5 veces su requerimiento de Energía Digestible de mantenimiento (110 kcal por kg de PV^{0.75}). Se formularon cuatro dietas (Cuadro 1), con Caseína (C), Pasta de Soya (PS), Garbanzo (G) y Pasta de Soya y Garbanzo (SG), todas aportaron 160 g de PC/kg de alimento. Se agregó dextrosa a razón de 40 g/kg para incrementar la palatabilidad, una fuente de fibra (Arbocel™) 32 g/kg y aceite de maíz 30 g/kg. Las vitaminas y minerales proporcionaron los requerimientos del NRC, el óxido de titanio se incluyó a razón de 3 g/kg como marcador de digestibilidad; el agua se proporcionó a libertad. El periodo experimental constó de cinco días de adaptación a la dieta y dos de colecta de la digesta ileal; la cual se colectó en bolsas de plástico que contenían 10 ml de HCl 0.2 M para bloquear toda actividad bacteriana. Las bolsas se fijaron a la cánula y se colectó la digesta ileal de 0800 a 1800 h. Conforme se llenaban las bolsas con la digesta ileal, ésta se transfería a un contenedor para proceder inmediatamente a congelarla a -20°C hasta su liofilización.

Las muestras de digesta del experimento se liofilizaron y posteriormente se molieron a través de una malla de 0.5 mm. Los siguientes análisis se realizaron en las muestras experimentales: Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), Aminoácidos y óxido de titanio. La digestibilidad ileal aparente (DIA) se estimó empleando la ecuación: DIA = $[1 - [(ID \times AF)/(AD \times IF)]] \times 100$ propuesta por Fan y Sauer, (1995). Para estimar la digestibilidad ileal estandarizada se empleó la fórmula DIE = DIA + (Endógeno/Consumido) propuesta por Furuya y Kaji (1989), el endógeno utilizado fue el reportado por Mariscal-Landín y Reis de Souza (2006). Los datos de la DIE de la proteína y energía se analizaron empleando el paquete rstatix del programa R (Kassambara, 2021), según un diseño en Cuadro Latino. Las medias de tratamientos se compararon empleando el método de Tukey. Las diferencias fueron consideradas significativas cuando ($P < 0.05$), y una tendencia fue reconocida cuando ($0.05 < P < 0.10$).

Resultados

Los resultados muestran que la digestibilidad ileal estandarizada de la proteína y aminoácidos es superior ($P<0.05$) en la caseína que en el garbanzo y pasta de soya y que cuando se comparó la digestibilidad entre ellos, los aminoácidos de la pasta de soya fueron más digestibles ($P<0.05$) que los del garbanzo.

Cuadro 1
Dietas Experimentales

	Caseína	Garbanzo	Pasta de Soya	Garbanzo Pasta de Soya
Almidón de Maíz	67.46	1.26	48.26	24.76
Garbanzo		83.90		41.95
Soya			36.90	18.45
Caseína	17.70			
Aceite de Maíz	3.00	3.00	3.00	3.00
Celulosa	3.20	3.20	3.20	3.20
Dextrosa	4.00	4.00	4.00	4.00
Óxido de Titanio	0.30	0.30	0.30	0.30
Otros ¹	4.35	4.35	4.35	4.35

¹Otros: Comprende Sal, Carbonato de Calcio, Fosfato Bicálcico, Colina, Premezcla de Vitaminas y Minerales.

Cuadro 2
Digestibilidad Ileal Estandarizada de las dietas experimentales

	Caseína	Garbanzo	Pasta de Soya	Garbanzo Pasta de Soya	EEM	P value
Proteína Cruda	0.897a	0.670c	0.773b	0.704c	0.0117	0.01
Histidina	0.971a	0.831b	0.819b	0.809b	0.0347	0.01
Treonina	0.983a	0.830ab	0.868ab	0.803b	0.0577	0.05
Arginina	1.141a	0.934b	0.977b	0.953b	0.0263	0.001
Leucina	1.019a	0.881b	0.906ab	0.858b	0.0524	0.05
Lisina	1.027	0.965	1.014	0.957	0.0216	0.11

Discusión

La digestibilidad ileal estandarizada de los aminoácidos del garbanzo es alta (0.904) y por el diseño del experimento en el cuál incluimos una dieta en la que la mitad de la proteína fue aportada por la pasta de soya y la otra mitad por el garbanzo y en la cual la digestibilidad ileal estandarizada promedio fue de (0.889) nos permite especular que el garbanzo no ejerció un efecto negativo sobre la digestibilidad de los aminoácidos de la pasta de soya. Por lo que puede ser empleado en la alimentación de cerdos.

Conclusiones

El Garbanzo puede ser utilizado como una materia prima alternativa en la alimentación del cerdo, por su aporte de aminoácidos, así como de energía; pero su uso dependerá de las ventajas relativas del precio que guarde con las fuentes tradicionales de proteína.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al INIFAP por el financiamiento otorgado para la realización de este trabajo a través del proyecto SIGI No. 13202534765.

Referencias bibliográficas

1. Fan, M.Z., Sauer, W.C., 1995. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. *J. Anim. Sci.* 73, 2364–2374.
2. Furuya, S., Kaji, Y., 1989. Estimation of the true ileal digestibility of amino acids and nitrogen from their apparent values for growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 26, 271–285.
3. Kassambara, A., 2021. *rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. version: 0.7.0.
4. Mariscal-Landín, G., Reis de Souza, T.C., 2006. Endogenous ileal losses of nitrogen and amino acids in pigs and piglets fed graded levels of casein. *Arch. Anim. Nutr.* 60, 454–466.
5. NRC, 2012. Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition. The National Academies Press, Washington, DC.

IMPACTO DE LA RELACIÓN FIRMICUTES-BACTEROIDETES EN LA EFICIENCIA ALIMENTICIA Y LAS EMISIONES DE METANO EN GANADO SIMMENTAL Y SIMBRAH.

René Calderón-Chagoya^{1*}, Moisés Montaño-Bermúdez¹, Vicente E. Vega-Murillo², Ángel Ríos-Utrera², María Denisse Montoya-Flores¹, Carlos Hernández-López¹ y Guillermo Martínez-Velázquez³

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP; ²Universidad Veracruzana; ³Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP.

*Autor para correspondencia: chagoya.rene@inifap.gob.mx

Palabras clave: Microbiota, consumo de alimento residual, ganado de carne.

Introducción

Firmicutes y Bacteroidetes son phylum bacterianos fundamentales en la microbiota ruminal. Estos grupos bacterianos desempeñan roles críticos en la digestión y metabolismo de nutrientes, influenciando la eficiencia alimentaria y el rendimiento animal. Una mayor proporción de Firmicutes se correlaciona con una mejor eficiencia en la utilización de energía dietética, promoviendo un crecimiento y producción de carne (Myer *et al.*, 2015). Por otro lado, una mayor proporción de Bacteroidetes se relaciona con una mayor capacidad de degradación de la fibra dietética y producción de ácidos grasos de cadena corta en el rumen, cruciales para la eficiencia alimentaria de los rumiantes (Myer *et al.*, 2015). Es importante destacar que la proporción relativa de Firmicutes y Bacteroidetes puede variar según la dieta y otros factores ambientales.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue analizar la correlación entre la relación Firmicutes a Bacteroidetes con la ingesta residual de alimento y las emisiones de metano en ganado Simmental y Simbrah.

Materiales y métodos

El estudio utilizó datos de 77 animales, incluidos 44 Simmental (19 hembras y 25 machos) y 33 Simbrah (10 hembras y 23 machos), con una edad promedio de 273.83 días (± 47.96) y un peso promedio de 300.28 kg (± 63.80). El ensayo de alimentación de 83 días se llevó a cabo en instalaciones equipadas con el sistema GrowSafe® (GrowSafe Systems Ltd., Airdrie, Alberta, Canadá). El peso de los animales se registró al inicio y al final del ensayo.

El consumo de alimento residual se determinó como la diferencia entre el consumo de alimento real de cada animal y su consumo de alimento estimado basado en el peso metabólico ($\text{kg}^{0.75}$) y la ganancia diaria de peso, de acuerdo con los protocolos diseñados por Arthur *et al.* (2001). La conversión alimenticia se calculó como la relación entre la ganancia diaria de peso obtenida durante la prueba de alimentación y el promedio diario de consumo de alimento real registrado de manera individual por los comederos con el sistema GrowSafe®.

Los factores de emisión de metano se calcularon empleando el enfoque Tier 2 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). La ingesta de energía bruta (expresada en MJ/d) se derivará de la ecuación de predicción establecida por el IPCC, y se aplicará un factor de conversión de metano de 6.3, conforme lo indicado en el estudio de Berdos *et al.* (2023).

Las abundancias taxonómicas de los filos Firmicutes y Bacteroidetes se determinaron mediante la extracción de ADN del contenido ruminal obtenido de cada animal. El muestreo del contenido ruminal se realizó utilizando un tubo gástrico conectado a una unidad de bombeo mecánica, y las muestras recolectadas se almacenaron en recipientes esterilizados.

Las características de eficiencia alimenticia (ganancia diaria de peso, consumo de alimento, consumo de alimento residual y conversión alimenticia), emisiones de metano y abundancias taxonómicas (Firmicutes, Bacteroidetes y relación Firmicutes-Bacteroidetes) fueron analizadas con el procedimiento CORR dentro del programa SAS.

Resultados

El cuadro 1 presenta las estadísticas descriptivas para diversas variables relacionadas con la microbiota ruminal, eficiencia alimenticia y emisiones de metano en el ganado Simmental y Simbrah. Se analizaron un total de 77 animales para la mayoría de las variables, con excepción de la relación Firmicutes y Bacteroidetes, donde se evaluaron 74 animales.

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas para la microbiota ruminal, eficiencia alimenticia y emisiones de metano en ganado Simmental y Simbrah.

Variable	N	Media	DE	Mínimo	Máximo
Ganancia diaria de peso (kg/d)	77	1.24	0.23	0.69	1.90
Consumo de alimento (kg/d)	77	9.10	1.46	6.30	12.52
Consumo de alimento residual (kg/d)	77	0.01	0.77	-2.25	2.34
Conversión alimenticia	77	7.47	1.35	5.12	11.89
Emisiones de metano (g/d)	77	69.80	11.22	48.34	96.07
Relación Firmicutes y Bacteroidetes	74	0.66	0.25	0.28	1.44
Firmicutes (unidad taxonómica operacional)	74	86912	32372	18051	180709
Bacteroidetes (unidad taxonómica operacional)	74	138276	48687	37750	297823

El cuadro 2 presenta las correlaciones entre diversas variables relacionadas con la microbiota ruminal, eficiencia alimenticia y emisiones de metano en el ganado Simmental y Simbrah. Se observó primeramente una correlación positiva moderada entre la ganancia diaria de peso y el consumo de alimento ($r = 0.55$, $p < 0.001$), mientras que no se observa una correlación significativa entre la ganancia diaria de peso y el consumo de alimento residual ($r = 0.01$, $p = 0.93$). Sin embargo, se registra una correlación negativa moderada entre la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia ($r = -0.60$, $p < 0.001$), así como con las emisiones de metano ($r = -0.59$, $p < 0.001$).

	Consumo de alimento	Consumo de alimento residual	Conversión alimenticia	Emisiones de metano	Relación Firmicutes y Bacteroidetes	Firmicutes	Bacteroidetes
Ganancia diaria de peso	0.55 <.001	0.01 0.93	-0.60 <.001	-0.59 <.001	0.05 0.69	0.25 0.03	0.17 0.15
Consumo de alimento		0.54 <.001	0.31 0.01	0.34 <.01	0.06 0.61	0.03 0.82	0.00 0.99
Consumo de alimento residual			0.46 <.001	0.48 <.001	-0.17 0.16	-0.24 0.04	-0.07 0.55
Conversión alimenticia				0.98 <.001	0.06 0.64	-0.22 0.06	-0.19 0.10
Emisiones de metano					0.01 0.97	-0.24 0.04	-0.18 0.12
Relación Firmicutes y Bacteroidetes						0.50 <.001	-0.38 <.01
Firmicutes							0.56 <.001

Cuadro 2. Correlaciones para la microbiota ruminal, eficiencia alimenticia y emisiones de metano en ganado Simmental y Simbrah.

El consumo de alimento presenta una correlación positiva significativa con el consumo de alimento residual ($r = 0.54$, $p < 0.001$), la conversión alimenticia ($r = 0.31$, $p = 0.01$) y las emisiones de metano ($r = 0.34$, $p < 0.01$). La conversión alimenticia presenta una correlación altamente significativa con las emisiones de

metano ($r = 0.98$, $p < 0.001$), mientras que no se observan correlaciones significativas con las demás variables. Por otro lado, el consumo de alimento residual muestra correlaciones positivas significativas con la conversión alimenticia ($r = 0.46$, $p < 0.001$) y las emisiones de metano ($r = 0.48$, $p < 0.001$), y correlaciones negativas con la relación Firmicutes y Bacteroidetes ($r = -0.17$, $p = 0.16$), Firmicutes ($r = -0.24$, $p = 0.04$) y Bacteroidetes ($r = -0.07$, $p = 0.55$). La correlación de Firmicutes con el consumo de alimento residual y la ganancia diaria de peso ya ha sido documentada en otros estudios. Sin embargo, a diferencia de lo observado con Firmicutes, no se encontró una correlación con Bacteroidetes, como sí se ha reportado en otras investigaciones (Zhang *et al.*, 2021).

Finalmente, las emisiones de metano muestran una correlación negativa moderada con la relación Firmicutes y Bacteroidetes ($r = -0.38$, $p < 0.01$), así como con Firmicutes ($r = -0.24$, $p = 0.04$), pero no se encuentra correlación significativa con Bacteroidetes.

Conclusiones

Existe una correlación positiva significativa entre Firmicutes y Bacteroidetes. La relación Firmicutes a Bacteroidetes no muestra ninguna conexión con la eficiencia alimentaria y la producción de metano, pero Firmicutes se correlaciona negativamente con estas características. Estos hallazgos contribuyen a nuestra comprensión de la interacción entre las poblaciones microbianas y características de interés económico clave en el contexto de la eficiencia alimentaria y la producción de metano.

Agradecimientos y fuente financiadora

La realización del estudio fue proporcionada por el proyecto “Descubrimiento de genes relacionados con el consumo de alimentos residual y características de la canal en bovinos productores de carne de registro en México” del INIFAP (SIGI: 854434754).

Referencias bibliográficas

1. Arthur, P., Renand, G., Krauss, D. (2001). Relaciones genéticas y fenotípicas entre diferentes medidas de crecimiento y eficiencia alimentaria en jóvenes toros Charolais. *Livestock Production Science*, 68(2–3), 131–139.
2. Berdos, J.I.; Ncho, C.M.; Son, A. R.; Lee, S. S.; Kim, S. H. (2023). Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) para ganado: evaluación del papel potencial del monitoreo en tiempo real de la ingesta de alimento. *Sustainability*, 15(20), 14988.
3. Myer, P. R., Smith, T. P., Wells, J. E., Kuehn, L. A., & Freetly, H. C. (2015). Rumen microbiome from steers differing in feed efficiency. *PLoS One*, 10(6), e0129174.
4. Zhang, Y. K. Zhang XX, Li FD, Li C, Li GZ, Zhang DY (2021) ‘Characterization of the rumen microbiota and its relationship with residual feed intake in sheep’, *Animal*, 15(3), p. 100161. doi: 10.1016/j.animal.2020.100161.

EFFECTO DEL CLORHIDRATO DE ZILPATEROL Y VIRGINIAMICINA EN CUERPO VACIO Y COMPONENTES VISCERALES EN OVINOS EN FINALIZACIÓN.

Juan Carlos Robles-Estrada^{2*}, Mario Alejandro Mejía-Delgadillo¹, Jaime Noé Sánchez-Pérez², Hugo de Jesús López-Inzunza¹, Roberto Martínez-León¹ y Gamaliel Molina-Gámez², Horacio Dávila-Ramos²

¹Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Sinaloa.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa.

*Autor para correspondencia: jcrobles@uas.edu.mx

Palabras clave: Ovinos, zilpaterol, virginiamicina.

Introducción

El clorhidrato de zilpaterol es un agonista adrenérgico tipo β_2 que ha sido utilizado como aditivo en el alimento de los bovinos y recientemente se ha probado en ovinos (Robles *et al.* 2024). El zilpaterol mejora el rendimiento de las canales y reduce la cantidad de grasa corporal. Por otro lado, la virginiamicina es un aditivo que se obtiene de la fermentación de *Streptomyces virginiae*, en el ganado bovino ha demostrado que mejora el crecimiento animal por medio de cambios en la fermentación ruminal, inhibiendo el crecimiento de bacterias de tipo gram-positivo (Tedeschi y Gorocical, 2018). Zilpaterol tiene un efecto lipolítico en todos los tejidos adiposos de los animales que son tratados, así como se ha observado que puede modificar el peso de algunos órganos como el hígado. Virginiamicina por otra parte, aumenta el aporte de energía para el animal, lo cual puede reflejarse en mayor crecimiento y deposición de grasa corporal. En ovinos de engorda, la información sobre el uso combinado de zilpaterol y virginiamicina en el cuerpo vacío y componentes viscerales es limitada. Por lo anterior, se realizó un experimento en ovinos con el objetivo de evaluar el efecto de combinar en la dieta clorhidrato de zilpaterol y virginiamicina en el cuerpo vacío y los componentes viscerales.

Objetivo

El objetivo fue evaluar el efecto combinado de zilpaterol y virginiamicina en el cuerpo vacío y componentes viscerales de ovinos en finalización.

Materiales y métodos

El trabajo experimental se realizó en Culiacán Sinaloa (24.7721 N, -107.3545 W) con la aprobación del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales “CICUA” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa (CICUA-FMVZ/16-10-2022). Obtenido el peso vivo inicial (34.04 ± 4.2 kg) se procedió a agrupar de acuerdo con su peso vivo en 4 bloques y asignados a 16 corrales (2 corderos/corral). Dentro de cada bloque se asignaron aleatoriamente cuatro tratamientos: 1) Control, sin aditivos; 2) suplementación con zilpaterol (0.20 mg/kg de peso vivo); 3) suplementación con virginiamicina (22 mg/ovino/día); y 4) suplementación con zilpaterol y virginiamicina. Los corrales tienen 6 m² con sombra superior, bebederos manuales y comederos de 1 m. La dieta estuvo constituida por maíz quebrado (69.5%), heno de Sudán (12.0%), pasta de soya (6.7%), melaza de caña (5%), urea (0.8%), sebo (3.5%) y minerales (2.5%). Su composición química (87.9% de materia seca), lo constituyó la fibra detergente neutra (16.42%), proteína cruda (11.88%), extracto etéreo (6.77%) y con un aporte energético de 2.06 Mcal/kg y 1.4 Mcal/kg de energía Neta de mantenimiento y ganancia, respectivamente. Después de la prueba de alimentación de 28 días, el tratamiento con zilpaterol se retiró tres días antes del sacrificio y los corderos fueron transportados a un matadero 24 horas antes del procesamiento.

Después de procesar los ovinos y obtener las canales, los órganos y componentes viscerales se separaron en estómago (rumen, retículo, omaso y abomaso), intestino delgado, intestino grueso, grasa omental, grasa mesentérica e hígado. Se extrajo el contenido digestivo total y se pesó para determinar el peso de las vísceras vacías, las vísceras llenas y el peso del cuerpo vacío. Los valores fueron expresados como porcentaje del peso del cuerpo vacío.

Los datos sobre las características de la canal y el rendimiento de los cortes primarios se analizaron mediante un diseño de bloques completos al azar organizado como un experimento factorial de 2 x 2 con la inclusión de dos niveles de zilpaterol (0 y 0.20 mg/kg de PV) y dos niveles de virginiamicina (0 y 22 mg/cordero/d⁻¹), considerando como unidad experimental un corral. Para el análisis de variables se utilizó

el procedimiento MIXED del programa SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). El efecto fijo consistió en el tratamiento y el corral como componente aleatorio. Los efectos del tratamiento se probaron de la siguiente manera: a) inclusión del nivel de zilpaterol b) inclusión del nivel de virginiamicina y c) interacción zilpaterol x virginiamicina. Para comparar las medias de tratamientos se realizaron los siguientes contrastes: VIR vs. ZIL y VIR vs. VIRZIL. El valor de *P* de los análisis se consideró significativo cuando resultó ≤0.05.

Resultados y discusión

Los resultados de los efectos de la virginiamicina y el zilpaterol sobre el peso del cuerpo vacío y componentes viscerales se muestran en la Tabla 1. Los resultados se expresan en unidades porcentuales con respecto al peso corporal vacío. La variable de intestino delgado muestra un efecto significativo (*P*=0,02) de interacción entre los corderos tratados con ambos aditivos, virginiamicina y zilpaterol. El peso del cuerpo vacío fue mayor (*p*=0,01) en el 5,3% de los ovinos tratados con zilpaterol en comparación con los ovinos no tratados. Por el contrario, los porcentajes de grasa omental (*p* = 0,04), intestino delgado vacío (*p* = 0,03) e hígado (*p* = 0,02) disminuyeron con la suplementación con zilpaterol (24,7, 16,8 y 21,3%, respectivamente). Del mismo modo, al comparar la virginiamicina y el zilpaterol (VIR vs. ZIL), se observa que el zilpaterol reduce el porcentaje de intestino vacío, intestino delgado vacío, grasa omental, grasa mesentérica e hígado en 15,9, 17,5, 31,8, 45,3 y 21,3, respectivamente.

Tabla 1. Efecto de tratamientos de virginiamicina y zilpaterol en cuerpo vacío y componentes viscerales de ovinos.

	Tratamientos ⁽¹⁾					<i>p</i> -Valor				
	NO ZIL		ZIL		SEM	Efectos principales			Contrastes	
	NO VIR	VIR	NO VIR	VIR		VIR	ZIL	VIR×ZIL	VIR vs.	ZIL vs.
PCV ⁽²⁾ , kg	37.27	38.09	39.54	39.85	0.64	0.40	0.01	0.70	0.14	0.74
Como % de										
PCV	90.24	90.12	91.38	89.57	1.03	0.37	0.77	0.43	0.40	0.24
Cont. digestivo	9.75	9.88	8.61	10.42	1.03	0.37	0.77	0.43	0.40	0.24
TGI ⁽³⁾ completo	19.91	19.34	16.92	20.31	1.61	0.40	0.54	0.25	0.31	0.17
TGI vacío	9.03	8.32	7.45	8.61	0.50	0.67	0.23	0.09	0.25	0.14
Rumen	12.60	12.72	10.70	13.46	1.25	0.28	0.65	0.31	0.28	0.15
Rumen vacío	4.40	3.86	3.69	4.24	0.33	0.99	0.63	0.14	0.72	0.28
Intest.	7.30	6.61	6.22	6.85	0.42	0.94	0.34	0.15	0.53	0.32
Intest. Vacíos	5.81	5.71	4.80	5.62	0.28	0.23	0.08	0.14	0.04	0.07
IG vacío ⁽⁴⁾	2.34	2.45	2.10	2.46	0.15	0.16	0.47	0.44	0.14	0.13
ID vacío ⁽⁵⁾	2.28	2.00	1.65	1.91	0.10	0.90	<0.0	0.02	0.04	0.11
Grasa omental	1.70	1.57	1.07	1.39	0.14	0.51	0.01	0.15	0.03	0.15
Grasa	0.42	0.53	0.29	0.43	0.08	0.15	0.20	0.87	0.06	0.25
Hígado	4.58	4.45	3.50	3.60	0.17	0.96	<0.0	0.60	0.01	0.75

¹⁾ ZIL, Clorhidrato de zilpaterol (0.20 mg/kg PV) 28 d de suplementación y 3 d de retiro; VIR, Virginiamicina (22 mg/ovino) 30 d de suplementación y un día de retiro. ²⁾ PCV, Peso del cuerpo vacío. ³⁾ TGI, Tracto gastrointestinal. ⁴⁾ IG, Intestino grueso. ⁵⁾ ID, intestino delgado.

Una respuesta consistente de zilpaterol sobre los componentes no cárnicos es una reducción del peso del hígado en los animales tratados. En esta investigación, varios autores han reportado una reducción en el peso del hígado que oscila entre el 6,1% y el 19,2% en corderos tratados con diferentes dosis de zilpaterol

(Dávila-Ramírez, 2014; Cayetano, 2020). Cayetano (2020) documentó una reducción del 16,7% en el peso del intestino delgado vacío, similar a lo observado en este estudio. Sin embargo, otros autores citados no observaron cambios en esta variable cuando se administró zilpaterol a ovinos. La reducción de peso en la grasa omental de ovinos tratados con zilpaterol es causada por el efecto catabólico del zilpaterol sobre el tejido adiposo. La grasa visceral es el primer tipo de grasa que se deposita en el animal durante su crecimiento, y también es la primera que se reduce mediante la lipólisis inducida por los β-agonistas. Además, la reducción de peso en el intestino delgado vacío de los ovinos tratados con zilpaterol puede explicarse por la reducción de la grasa mesentérica. Respecto a esta variable concreta, parece existir una interacción entre virginiamicina y zilpaterol. Esta interacción posiblemente indica una reducción en la capacidad del zilpaterol para descomponer las grasas en la grasa visceral, lo que su efecto se ve contrarrestado por el aumento de la ingesta de energía en la dieta debido al efecto de la virginiamicina sobre el metabolismo ruminal.

Conclusiones

Se concluye que la administración del zilpaterol aumenta el peso del cuerpo vacío, reduce la grasa omental y tiene un efecto en la disminución del peso de componentes viscerales como el intestino delgado vacío y el hígado. Por otra parte, virginiamicina no muestra efectos en variables, sin embargo, se observa una tendencia de interacción entre virginiamicina y zilpaterol en el peso de los intestinos vacíos.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Autónoma de Sinaloa y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Fuente financiadora

Programa de promoción y apoyo a proyectos de investigación de la Universidad Autónoma de Sinaloa (PROFAPI, 2022).

Referencias bibliográficas

1. Cayetano-De-jesus JA, Rojo-Rubio R, Grajales-Lagunes A, Avendaño-Reyes L, Macias-Cruz U, Gonzalez-Del-prado V, et al. Effect of zilpaterol hydrochloride on performance and meat quality in finishing lambs. Agriculture (Switzerland). 2020 Jun 1;10(6):1–12.
2. Dávila-Ramírez JL, Macías-Cruz U, Torrenera-Olivera NG, González-Ríos H, Soto-Navarro SA, Rojo-Rubio R, et al. Effects of zilpaterol hydrochloride and soybean oil supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of hair-breed ram lambs under heat stress conditions. J Anim Sci. 2014;92(3):1184–92.
3. Robles JC, Sánchez-Perez JN, Portillo-Loera JJ, Contreras-Andrade I, Figueroa-Saavedra F, Mejía-Delgadillo MA, et al. Effect of supplementing zilpaterol hydrochloride during different periods on energetics, growth performance, carcass traits and fatty acid profile in meat of finishing lambs. Veterinaria México OA [Internet]. 2024 Mar 20;11. Available from: <https://veterinariamexico.fmvz.unam.mx/index.php/vet/article/view/1235>
4. Tedeschi LO, Gorocica-Buenfil MA. An assessment of the effectiveness of virginiamycin on liver abscess incidence and growth performance in feedlot cattle: A comprehensive statistical analysis. J Anim Sci. 2018 Jun 1;96(6):2474–89.

EFECTO DE LA ADICIÓN DE CLORHIDRATO DE ZILPATEROL Y VIRGINIAMICINA EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE OVINOS EN EL TRÓPICO SECO.

Horacio Dávila-Ramos^{1*}, Jaime N. Sánchez-Pérez¹, Roberto Martínez-León², Hugo López-Inzunza², Mario A. Mejía-Delgadillo², Gamaliel Molina-Gamez¹ y Juan C. Robles-Estrada¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa; ²Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa.

*Autor para correspondencia: davila-ramos@uas.edu.mx

Palabras clave: Zilpaterol, ovinos.

Introducción

Los aditivos alimentarios se adicionan a las dietas de los animales para garantizar la salud, el crecimiento y la productividad o modificar las características del alimento (Munira Tuychievna, 2021). El clorhidrato de zilpaterol es un agonista adrenérgico β_2 que se utiliza como aditivo alimentario en el ganado de engorda para mejorar el crecimiento y el aumento de peso, eficiencia alimenticia y rendimiento en canal (Johnson et al., 2014). En corderos, el zilpaterol muestra una respuesta similar a la del ganado vacuno, además de mejorar el crecimiento y las características de la canal (Leyva-Medina et al., 2024). La virginiamicina es un aditivo alimentario producto de la fermentación de *Streptomyces virginiae* que en el ganado se ha demostrado que mejora el crecimiento animal y reduce la incidencia de abscesos hepáticos, modifica la fermentación ruminal e inhibe los microorganismos ruminantes (Webb et al., 2023). Los estudios sobre el uso conjunto de β -agonistas y antibióticos ionóforos se han desarrollado principalmente con ionóforo de monensina en ganado (Webb et al., 2023). La mejora en el crecimiento animal debido al uso de estos compuestos se debe a cambios no similares en los mecanismos de la fisiología animal, por esta razón se espera que la respuesta global sea aditiva. En ovinos en finalización, la información sobre el uso combinado de zilpaterol y virginiamicina en el crecimiento es limitada.

Objetivo

Evaluar la adición de clorhidrato de zilpaterol y virginiamicina en el desempeño productivo de ovinos de pelo en finalización en el trópico seco.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en la Unidad experimental para pequeños rumiantes II de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa (24.7721 N, -107.3545 W). Se utilizaron 32 corderos machos intactos cruzados Dorper x Katahdin (34.04 ± 4.23) kg de peso vivo inicial, durante 28 d. Tres semanas antes del inicio del experimento, cuarenta corderos fueron adaptados al manejo, instalaciones, dieta experimental, tratados contra parásitos (SAGUAYMIC PLUS, Microsules Lab), hemoparásitos (IMIZOL, MSD Animal Health) e injectados con 1×10^6 UI de vitamina A. (Synt-ADE, Fort Dodge, Salud Animal). Para comenzar el experimento, se seleccionaron treinta y dos corderos del grupo original y se pesaron antes de la alimentación de la mañana (báscula electrónica; Torrey CRS-200).

Los animales fueron agrupados según su peso vivo en cuatro grupos de peso uniforme (bloque) y asignados a 16 corrales (2 corderos/corral). Dentro de cada bloque se asignaron aleatoriamente cuatro tratamientos: 1) Control, sin suplementación con aditivos; 2) suplementación con zilpaterol; 3) suplementación con virginiamicina; y 4) suplementación con zilpaterol y virginiamicina. Los tratamientos dietéticos se asignaron aleatoriamente a corrales dentro de bloques, con cuatro réplicas por tratamiento. Los corrales (6 m^2) con sombra, bebederos manuales y comederos de 1 m lineal. Todos los corderos recibieron una dieta *ad libitum*, la composición de la dieta experimental fue de la siguiente manera: Maíz quebrado, 69.5%, heno de sudán 12%, pasta de soya 6.7%, melaza de caña 5%, urea 0.8%, sebo 3.5% y minerales 2.5%, con una composición nutricional: Materia seca 87.9%, fibra detergente neutra 16.42%, proteína cruda 11.88%, extracto etéreo 6.77% energía neta de mantenimiento y ganancia de 2.06 y 1.4 Mcal/kg.

Los corderos fueron alimentados dos veces al día (09:00 y 16:00 h) en una proporción de 25:75. Para garantizar el consumo de la dosis total diaria de zilpaterol (0.20 mg/kg PV-1) se agregó al alimento ofrecido durante la mañana, y virginiamicina (22 mg/d-1) a la alimentación de la mañana y la tarde. Los animales

fueron pesados al inicio y final del experimento. Además, se calcularon las variables que de los componentes de comportamiento productivo.

Para el análisis estadístico, los datos sobre el rendimiento del crecimiento, se analizó mediante un diseño de bloques completos al azar organizado como un experimento factorial 2 x 2, con la inclusión de dos niveles de zilpaterol (0 y 0,20 mg/kg). PV d-1) y dos niveles de virginiamicina (0 y 22 mg/cordero/d-1), considerando como unidad experimental un corral. Para el análisis de variables se utilizó el procedimiento MIXED del programa SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). El efecto fijo consistió en tratamiento y corral como componente aleatorio. Los efectos del tratamiento se probaron de la siguiente manera: a) inclusión del nivel de zilpaterol b) inclusión del nivel de virginiamicina y c) interacción zilpaterol x virginiamicina. Para comparar las medias de tratamientos se realizaron los siguientes contrastes: VIR vs. ZIL y VIR vs. VIRZIL. El valor de p de los análisis se consideró significativo cuando ≤0,05.

Resultados y discusión

Cuadro 1. Efecto de tratamientos de virginiamicina y zilpaterol en comportamiento productivo en ovinos en finalización.

	Tratamientos ⁽¹⁾				SEM	p-Valor			Contrastes		
	NO ZIL		ZIL			Efectos principales					
	NO VIR	VIR	NO VIR	VIR		VIR	ZIL	VIR×ZIL	VIR vs. ZIL	ZIL vs. VIRZIL	
PV inicial ⁽²⁾	34.00	33. ²²	34.12	34. ²²	1.05	0.82	0.57	1.00	0.57	0.87	
PV final	41.38	42. ²⁴	43.26	44. ²⁴	1.12	0.03	<0.0 ¹	0.72	0.10	0.08	
GDP ⁽³⁾											
Total, kg	7.37	8.2 ⁵	9.14	10. ²¹	0.32	<0.0 ¹	<0.0 ¹	0.64	0.06	0.02	
Diaria, kg	0.264	0.2 ²⁵	0.327	0.3 ²⁶	0.01	<0.0 ¹	<0.0 ¹	0.62	0.06	0.02	
CMS ⁽⁴⁾											
Diaria, kg/d	1.201	1.2 ¹⁰	1.227	1.2 ⁷⁰	0.02	0.34	0.23	0.67	0.84	0.34	
Como % de PV	3.19	3.2 ¹	3.19	3.2 ⁵	0.05	0.53	0.72	0.72	0.84	0.49	
GDP/CMS	0.221	0.2 ¹²	0.266	0.2 ²¹	0.01	<0.0 ¹	<0.0 ¹	0.30	0.02	0.03	
Ajuste-canal ⁽⁵⁾											
Final LW	40.51	41. ²¹	43.87	45. ²¹	1.25	0.01	<0.0 ¹	0.38	<0.01	0.01	
GDP	0.233	0.2 ⁶²	0.348	0.4 ¹⁶	0.02	<0.0 ¹	<0.0 ¹	0.36	<0.01	<0.01	
GDP/CMS	0.195	0.2 ¹⁵	0.284	0.3 ²⁰	0.01	0.01	<0.0 ¹	0.42	<0.01	0.08	
Energía observada											
ENm		2.1		2.4		<0.0	<0.0		0.02		
Mcal/Kg/MS	2.07	8	2.32	5	0.04	1	1	0.86		0.03	
ENg		1.5		1.7		<0.0	<0.0				
Mcal/Kg/MS	1.40	1	1.63	4	0.03	1	1	0.90	0.02	0.02	
Obs/esp		0.9		0.8		<0.0	<0.0				
CMS ⁽⁶⁾	1.01	3	0.87	1	0.02	1	1	0.43	0.01	0.03	

¹⁾ ZIL, Clorhidrato de zilpaterol, (0.20 mg/kg PV⁻¹) 28 d de suplementación y 3 d de retiro; VIR, Virginiamicina, (22 mg/lamb⁻¹) 30 d de suplementación y 1 d de retiro. ²⁾ PV, Peso vivo. ³⁾ GDP, ganancia diaria de peso. ⁴⁾ CMS, Consumo de materia seca. ⁵⁾ Comportamiento productivo a partir de peso vivo final ajustado a canal. ⁶⁾ Observado/esperado en consumo de materia seca.

Los principales efectos de la suplementación con virginiamicina muestran resultados positivos ($P \leq 0.03$) mejorando el peso vivo final, la ganancia total, la ganancia de peso diaria y la eficiencia alimenticia (2.3%, 12.4%, 2.5% y 9.4%, respectivamente), sin afectar el consumo de materia seca. Asimismo, la ganancia diaria promedio y la eficiencia alimenticia calculadas a partir de la canal final ajustada al peso vivo mejoraron con la suplementación con virginiamicina ($P < 0,01$). Los valores de ENm y ENg observados en la dieta de

los ovinos suplementados con virginiamicina fueron significativamente mayores ($p<0,01$) en comparación con los ovinos que no recibieron virginiamicina (5,4% y 7,2% respectivamente).

Los corderos tratados con zilpaterol mejoraron ($p<0,01$) el peso vivo final, la ganancia total, la ganancia diaria y la eficiencia alimenticia (4,8, 24,5, 24,7 y 20,2%, respectivamente), sin afectar el consumo de materia seca. Asimismo, la ganancia diaria y la eficiencia alimenticia calculada a partir del peso vivo final con ajuste-canal muestran una mejora significativa ($p<0,01$) de 54,2 y 49,2%, respectivamente, en los corderos tratados con zilpaterol. La suplementación con zilpaterol también mejora la energía neta observada en la dieta con mayor intensidad, aumentando la ENm y la ENg en un 12,2% y un 15,8% respectivamente.

Con respecto a los efectos de contrastes, los ovinos que fueron suplementados con zilpaterol mostraron una eficiencia alimenticia un 9,5% mayor ($P=0,02$) y una tendencia ($P=0,06$) a mejorar la ganancia de peso diaria en un 10,8% en comparación con los que recibieron virginiamicina (VIR vs. ZIL). De manera similar, la ganancia de peso diaria y la eficiencia alimenticia calculadas a partir del peso vivo final ajustado al porcentaje de canal mostraron mejoras del 32,3% y 32,1%, respectivamente. Los corderos que recibieron la combinación mostraron mejoras en el aumento de peso y la eficiencia alimenticia del 12,8% y 9,4% respectivamente. Además, la ganancia de peso diaria y la eficiencia alimenticia, calculadas a partir del peso vivo final ajustado al porcentaje de canal, mostraron mejoras del 32,3% y 32,1% respectivamente.

Conclusiones

Se concluye que los efectos de la virginiamicina y el zilpaterol son acumulativos, observándose mejores respuestas en el crecimiento y la energía aportada por la dieta en los ovinos suplementados con ambos aditivos.

Fuente financiadora

Programa de promoción y apoyo a proyectos de investigación de la Universidad Autónoma de Sinaloa (PROFAPI) 2022.

Referencias bibliográficas

1. Johnson BJ, Smith SB, Chung KY. Historical overview of the effect of β -adrenergic agonists on beef cattle production. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2014;27(5):757–66.
2. Leyva-Medina KH, Dávila-Ramos H, Portillo-Loera JJ, Acuña-Meléndez OS, Cervantes-Noriega A, Sánchez-Pérez JN, et al. Effects of Zilpaterol Hydrochloride with a Combination of Vitamin D3 on Feedlot Lambs: Growth Performance, Dietary Energetics, Carcass Traits, and Meat Quality. *Animals.* 2024 May 1;14(9).
3. Munira Tuychievna A. The use of feed additives in the diet of cattle. *European Journal of Agricultural and Rural Education [Internet].* 2021;2(6). Available from: <https://www.scholarzest.com>
4. Webb EC, Emmenis R van, Cassens AM. The Effects of Different Zilpaterol Hydrochloride Feed Supplements and Extended Aging Periods on the Meat Quality of Feedlot Bulls. *Animals.* 2024 Feb 1;14(3).
5. Webb EC, Stock C, Morris SD. Comparison between the effects of zilpaterol hydrochloride and R-salbutamol fed during the finishing period on the growth and carcass characteristics of feedlot cattle. *S Afr J Anim Sci.* 2023;53(5):615–25.

EFECTO DEL CLORHIDRATO DE ZILPATEROL Y VIRGINIAMICINA EN LA CALIDAD DE CANAL Y CORTES PRIMARIOS EN OVINOS EN FINALIZACIÓN.

Jaime Noé Sánchez-Pérez^{2*}, Horacio Dávila-Ramos², Mario Alejandro Mejía-Delgadillo¹, Hugo de Jesús López-Inzunza¹, Roberto Martínez-León¹, Gamaliel Molina-Gámez², y Juan Carlos Robles-Estrada².

¹Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Sinaloa.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa.

*Autor para correspondencia: jaimen.sanchez.fmvz@uas.edu.mx

Palabras clave: Ovinos, zilpaterol, virginiamicina.

Introducción

El clorhidrato de zilpaterol es un agonista adrenérgico tipo β_2 que ha sido utilizado como aditivo en el alimento de los bovinos y recientemente se ha probado en ovinos (Robles *et al.* 2024). El zilpaterol mejora el rendimiento de las canales y reduce la cantidad de grasa corporal. Por otro lado, la virginiamicina es un aditivo que se obtiene de la fermentación de *Streptomyces virginiae*, en el ganado bovino ha demostrado que mejora el crecimiento animal por medio de cambios en la fermentación ruminal, inhibiendo el crecimiento de bacterias de tipo gram-positivo (Tedeschi y Gorocica-Buenfil, 2018). Fisiológicamente, la mejora en el crecimiento animal y en la calidad de la canal con el uso de estos dos aditivos se deben a mecanismos diferentes, por lo tanto, se espera que la respuesta general se deba a un efecto acumulativo. En ovinos de engorda, la información sobre el uso combinado de zilpaterol y virginiamicina en las características de la canal y el rendimiento de los cortes primarios es limitada. Por lo anterior, se realizó un experimento en ovinos con el objetivo de evaluar el efecto de combinar en la dieta clorhidrato de zilpaterol y virginiamicina en las características de la canal y cortes primarios de ovinos.

Objetivo

El objetivo fue evaluar el efecto de combinar en la dieta clorhidrato de zilpaterol y virginiamicina en la calidad de la canal y cortes primarios de ovinos en finalización.

Materiales y métodos

El trabajo experimental se realizó en Culiacán Sinaloa (24.7721 N, -107.3545 W) con la aprobación del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales “CICUA” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa (CICUA-FMVZ/16-10-2022). Obtenido el peso vivo inicial (34.04 ± 4.2 kg) se procedió a agrupar de acuerdo con su peso vivo en 4 bloques y asignados a 16 corrales (2 corderos/corral). Dentro de cada bloque se asignaron aleatoriamente cuatro tratamientos: 1) Control, sin aditivos; 2) ZIL: suplementación con zilpaterol (0.20 mg/kg de peso vivo); 3) VIR: suplementación con virginiamicina (22 mg/ovino/día); y 4) ZIL+VIR: suplementación con zilpaterol y virginiamicina. Los corrales tienen 6 m² con sombra superior, bebederos manuales y comederos de 1 m. La dieta estuvo constituida por maíz quebrado (69.5%), heno de Sudán (12.0%), pasta de soya (6.7%), melaza de caña (5%), urea (0.8%), sebo (3.5%) y minerales (2.5%). Su composición química (87.9% de materia seca), lo constituyó la fibra detergente neutra (16.42%), proteína cruda (11.88%), extracto etéreo (6.77%) y con un aporte energético de 2.06 Mcal/kg y 1.4 Mcal/kg de energía Neta de mantenimiento y ganancia, respectivamente. Después de la prueba de alimentación de 28 días, el tratamiento con zilpaterol se retiró tres días antes del sacrificio y los corderos fueron transportados a un matadero 24 horas antes del procesamiento. Después del sacrificio, se obtuvo el peso de la canal caliente de todos los ovinos y las canales se enfriaron en un cuarto frío a 2 °C durante 24 h. Después de enfriar las canales, se obtuvieron las siguientes medidas: espesor de la grasa dorsal sobre la 12^{va} costilla con un vernier. Además, se obtuvo el área del músculo longissimus thoracis et lumborum (LTM), entre la 12^{va} y 13^{va} costilla, esta se midió utilizando una plantilla graduada de plástico. También, se registró la grasa renal-pélvica y se reportó como porcentaje del peso de la canal caliente. Las 32 canales se dividieron longitudinalmente. Los cortes primarios se obtuvieron del lado izquierdo y se calcularon como porcentaje del peso de la canal caliente (cuarto delantero, cuarto trasero, cuello, pierna delantera, costillar, costilla, pecho, hombro, flanco, lomo y pierna).

Los datos sobre las características de la canal y el rendimiento de los cortes primarios se analizaron mediante un diseño de bloques completos al azar organizado como un experimento factorial de 2 x 2 con

la inclusión de dos niveles de zilpaterol (0 y 0.20 mg/kg de PV) y dos niveles de virginiamicina (0 y 22 mg/cordero/d⁻¹), considerando como unidad experimental un corral. Para el análisis de variables se utilizó el procedimiento MIXED del programa SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). El efecto fijo consistió en el tratamiento y el corral como componente aleatorio. Los efectos del tratamiento se probaron de la siguiente manera: a) inclusión del nivel de zilpaterol b) inclusión del nivel de virginiamicina y c) interacción zilpaterol x virginiamicina. Para comparar las medias de tratamientos se realizaron los siguientes contrastes: VIR vs. ZIL y VIR vs. VIRZIL. El valor de *P* de los análisis se consideró significativo cuando resultó ≤0.05.

Resultados y discusión

Los efectos del tratamiento con virginiamicina y zilpaterol sobre las características de la canal se observan en la Tabla 1. Debido a un aumento en la eficiencia alimenticia después de la suplementación con virginiamicina y en comparación con los corderos no tratados, hubo un aumento (*p*<0,01) del 3,1 % en el peso de la canal caliente. Aun así, no afectó el porcentaje de rendimiento de la canal, LTM y los componentes grasos de la canal. El principal efecto del zilpaterol se observa como un aumento de la proteína muscular y una reducción del tejido adiposo de la canal (*p*<0,01). Al comparar los corderos tratados con zilpaterol con los no tratados, el peso de la canal caliente, el rendimiento de la canal y el LTM aumentaron en un 9.4%, 4.5% y 19.8%, respectivamente. Por el contrario, la grasa renal-pélvica se redujo un 34.3%. No se observaron diferencias en el espesor de la grasa de la canal al comparar VIR vs. ZIL. Sin embargo, la suplementación con zilpaterol aumentó el peso de la canal caliente, el porcentaje de rendimiento y el LTM en un 6.2%, 3.7% y 20.3% respectivamente. Los corderos tratados con ambos aditivos experimentaron un aumento del 4.1% en el peso de la canal caliente en comparación con los tratados sólo con zilpaterol (ZIL vs. ZIL+VIR).

Tabla 1. Efecto de los tratamientos de virginiamicina y zilpaterol en las características de la canal en ovinos.

	Tratamientos ⁽¹⁾						Valor de <i>p</i>			
	NO ZIL		ZIL		Efectos principales			Contrastes		
	NO VIR	VIR	NO VIR	VIR	SEM	VIR	ZIL	VIRxZIL	VIR vs. ZIL	ZIL vs. ZIL+VIR
Peso de canal caliente, kg	20.76	21.17	22.48	23.42	0.64	<0.01	<0.01	0.22	<0.01	0.01
Rendimiento, %	50.10	50.10	51.94	52.81	0.36	0.27	<0.01	0.28	<0.01	0.13
LTM ⁽²⁾ , cm ²	25.78	25.8	31.05	30.78	1.03	0.89	<0.01	0.86	<0.01	0.83
Grasa dorsal, cm	2.64	2.19	2.37	2.74	0.15	0.90	0.69	0.27	0.71	0.47
Grasa perirrenal-pélvica,%	2.58	2.49	1.60	1.73	0.12	0.85	<0.01	0.39	<0.01	0.46

¹⁾ ZIL, Zilpaterol, (0.20 mg/kg PV) 27 d de suplementación más 3 d de retiro; VIR, Virginiamicina, (22 mg/ovino) 30 d de suplementación más 1 d de retiro. 2) LTM, longissimus thoracis et lumborum.

Los cortes primarios (Tabla 2) mostraron diferencias en los ovinos tratados con zilpaterol. Hubo una reducción (*p*=0.01) en el porcentaje del cuello y un aumento (*p*=0.04) de la pierna (13.1% y 3.6%, respectivamente) en comparación con los corderos no tratados. Por otro lado, no se observaron cambios en los cortes primarios de la canal con suplementación con virginiamicina. El corte primario del cuello se redujo en las canales de ovinos suplementados con zilpaterol en comparación (VIR vs. ZIL) con los corderos tratados solo con virginiamicina, similar a los efectos principales del zilpaterol. Al comparar (ZIL vs. ZIL+VIR), los corderos suplementados con ambos aditivos y los suplementados solo con zilpaterol, no se observaron cambios en los cortes primarios.

Estos resultados sugieren que la virginiamicina podría tener un impacto más significativo en la calidad de la canal si se suplementa durante períodos más prolongados y durante las primeras etapas de crecimiento, cuando el exceso de proteína tiene un mayor valor biológico para promover el crecimiento. Hay investigaciones limitadas sobre el uso de virginiamicina en corderos de engorde, estos se han centrado en

el uso de virginiamicina en bovinos (Latack *et al.* 2019). Por otro lado, la suplementación con agonistas-beta permite a los animales de carne sintetizar proteínas musculares más allá de su potencial genético. El consumo extra de proteínas producto de cambios en la fermentación ruminal podría tener un efecto óptimo sobre el crecimiento de la canal. Si la suplementación con proteínas en la dieta es suficiente, el exceso se cataboliza, se utiliza como energía o se almacena como tejido adiposo (Irshad *et al.* 2012).

Tabla 2. Efecto de los tratamientos de virginiamicina y zilpaterol en el rendimiento de los cortes primarios en ovinos.

Cortes primarios ⁽²⁾	Tratamientos ⁽¹⁾				SEM	Efectos principales			Valor de <i>p</i>		
	NO ZIL		ZIL			VIR	ZIL	VIR×ZIL	Contrastes	VIR vs. ZIL	
	NO VIR	VIR	NO VIR	VIR							
Cuarto delantero	53.59	53.37	51.92	52.67	0.30	0.68	0.09	0.46	0.13	0.42	
Cuarto trasero	46.41	46.63	48.08	47.33	0.30	0.68	0.09	0.46	0.13	0.42	
Cuello ⁽³⁾	5.18	5.12	4.51	4.44	0.11	0.69	<0.01	0.96	0.02	0.76	
Pierna delantera-208D	19.43	19.33	19.62	19.23	0.18	0.76	0.88	0.75	0.64	0.54	
Costillar-209A	6.76	6.58	6.54	6.64	0.10	0.86	0.77	0.60	0.92	0.79	
Costilla-204	8.43	8.29	8.10	8.33	0.09	0.84	0.49	0.36	0.51	0.42	
Pecho-209	3.50	3.50	3.76	3.37	0.14	0.50	0.81	0.51	0.53	0.36	
Hombro-207	10.26	10.52	9.38	10.59	0.23	0.12	0.34	0.33	0.11	0.10	
Flanco-232E	6.80	7.35	6.74	6.93	0.13	0.20	0.40	0.52	0.13	0.61	
Lomo-232-A	8.96	8.48	9.27	8.81	0.14	0.16	0.32	0.98	0.10	0.32	
Pierna-233A	30.65	30.81	32.05	31.63	0.26	0.62	0.04	0.60	0.12	0.58	

¹⁾ ZIL, Zilpaterol, (0.20 mg/kg PV⁻¹) 27 d de suplementación más 3 d de retiro; VIR, Virginiamicina, (22 mg/ovino⁻¹) 30 d de suplementación más 1 d de retiro. ²⁾ Identificador de cortes primarios (NAMP, North American Meat Processors Association). ³⁾ No se incluye en NAMP.

Conclusiones

Se concluye que el zilpaterol aumenta y mejora la retención de proteínas musculares, lo que se observa en la mejora de las características de la canal. Además, el efecto lipolítico del zilpaterol reduce el porcentaje de grasa corporal como la grasa perirrenal-pélvica. La virginamicina no modifica las características de la canal, ni el rendimiento de los cortes primarios.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Autónoma de Sinaloa y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Fuente financiadora

Programa de promoción y apoyo a proyectos de investigación de la Universidad Autónoma de Sinaloa (PROFAPI, 2022).

Referencias bibliográficas

- Irshad A, Kandeepan G, Ashish KA, Vishnuraj MR, Shukla V. Factors influencing carcass composition of livestock: a review. *J Anim Prod Adv.* 2013. 3(5):177-186.
- Latack BC, Buenabad L, Zinn RA. Influence of virginiamycin supplementation on growth performance, carcass characteristics, and liver abscess incidence, with 2 different implant strategies in calf-fed Holstein steers. *Applied Animal Science.* 2019. 35:628-633.
- Robles JC, Sánchez-Pérez JN, Portillo-Loera JJ, Contreras-Andrade I, Figueroa-Saavedra F, Mejía-Delgadillo MA, Molina-Gámez G, Dávila-Ramos H. Effect of supplementing zilpaterol hydrochloride during different periods on energetics, growth performance, carcass traits and fatty acid profile in meat of finishing lambs. *Veterinaria Mexico OA.* 2024;11.
- Tedeschi LO, Gorocica-Buenfil. An Assessment of the effectiveness of virginiamycin on liver abscess incidence and growth performance in feedlot cattle: a comprehensive statistical analysis. *J Anim Sci.* 2018. 96(6):2474-89.

PATRÓN Y CINÉTICA DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL *IN VITRO* DEL RASTROJO DE MAÍZ CON LA INCLUSIÓN DE VAINA DE MEZQUITE.

Ricardo Basurto Gutiérrez*; Ericka Ramírez Rodríguez.

CENID-FyMA–INIFAP.

*Autor para correspondencia: basurto.ricardo@inifap.gob.mx

Palabras claves: Forraje de baja calidad, metano, ingredientes alternativos.

Introducción

En las pequeñas unidades de producción pecuarias, los animales son mantenidos con forrajes de baja calidad (FBC) en las épocas de secas. Uno de los forrajes más utilizados es el rastrojo de maíz que es ampliamente disponible (22 a 25 millones de ton/anuales) en México y se caracteriza por un alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína cruda. En el rumen, la fermentación FBC favorece la producción de acetato e hidrógeno metabólico (H_2), el cual sirve como precursor de metano. Al mejorar la eficiencia del crecimiento microbiano, la síntesis microbiana actúa como un sumidero de H_2 , puesto que los microbios son más reducidos que los AGV finales, reduciendo la disponibilidad del H_2 metabólico para la síntesis de metano (Leng, 2014). La suplementación con pasta de soya a animales que consumían un forraje de baja calidad (heno de pradera, constituido principalmente por *Alopecurus pratensis L.*), mejoró significativamente la eficiencia del crecimiento microbiano. La suplementación de proteína a bovinos alimentados con forrajes de baja calidad incrementa la producción neta de metano debido a que se incrementa el consumo voluntario, pero hay una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de energía bruta consumida (Shreck *et al.*, 2021). Además, la inclusión de ingredientes alternativos ricos en taninos se ha probado como una estrategia para reducir la producción de metano por disminuir el número de protozoarios y, simultáneamente, aumentar la eficiencia de la fermentación ruminal. Uno de estos ingredientes es la vaina de mezquite (VM) que contiene 13 al 18% de proteína cruda, 50% de carbohidratos no fibrosos y 1.5% de taninos. La proteína de VM se degrada en el rumen alrededor del 65%, comparable a la proteína de la pasta soya. Así, se puede sugerir que el uso de ingredientes alternativos cuando se utilizan FBC podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Objetivo

Así el objetivo de la prueba fue determinar el efecto de la adición de urea y de niveles crecientes de harina de vaina de mezquite (0 (sin urea), 0, 10, 20, 30 y 40%) sobre la cinética de la producción de gas y metano del rastrojo de maíz en una prueba *in vitro*.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el laboratorio de nutrición animal del Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIDFyMA), ubicado en Ajuchitlán Colón, Querétaro. La vaina de mezquite (VM) fue colectada en el CENIDFyMA y se secó en una estufa de aire forzado por 72 h a 55°C. El rastrojo de maíz (RM) y la VM seca fueron molidos con un molino de martillos y con cribas de $\frac{1}{4}$ " y 1", respectivamente. Posteriormente, se realizó una segunda molienda en el laboratorio con un molino tipo Wiley (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ) con una criba de 2 mm. Con las muestras molidas, se elaboraron mezclas (tratamientos) de RM y VM, donde la VM constituyó: 0, 0, 10, 20, 30 y 40% de la mezcla (base seca). Así: Control (CON)= 3.1 g de RM+ 0% VM + 0 mg de urea; VM_0=3.1 g de RM + 41 mg de urea (en solución); VM_10= 2.8 g de RM + 0.3 g de VM + 40 mg de urea; VM_20= 2.5 g de RM + 0.6 g de VM + 39 mg de urea; VM_30= 2.2 g de RM + 0.9 g de VM + 38 mg de urea y VM_40= 1.8 g de RM + 1.2 g de VM + 37 mg de urea. Excepto para el tratamiento CON, se estimó que la urea y VM suministraron el 11.5% de PDR, respecto a la materia orgánica fermentada (MOF), estimada *a priori*. Las muestras fueron incubadas un equipo de Sistema automatizado de producción de gas y de metano (AMPTS, Bioprocess, Lund, Swissland). En cada frasco o reactor (500 ml), las muestras se incubaron con 300 ml de una mezcla de inóculo del rumen (60 ml) y 240 ml de una solución amortiguadora de fosfatos (pH=6.8), la cual fue saturada con gas nitrógeno por 20 s. El inoculo ruminal se obtuvo de dos bovinos con cánula en rumen, que eran alimentados con RM (6 kg d⁻¹ animal⁻¹) y una mezcla de pasta de soya, granos secos de cervecería y vaina de mezquite molida (2 kg d⁻¹ animal⁻¹). Todos los frascos (12 x corrida) se incubaron a 39°C por 24 h con agitación y se realizaron cuatro corridas (bloque). Para determinar la producción de metano, el reactor se conectó a una trampa alcalina de CO₂ (3 M NaOH) con un indicador de timolftaleína al 0.1%, entonces

la trampa se conecta al AMPTS. Así, el equipo de AMPTS registró en tiempo real la producción de gas (PG) y de metano, ajustándolas a condiciones sin vapor de agua y estandarizadas (1 atm y 0°C). La producción de gas y de metano se ajustaron por la cantidad de la materia orgánica fermentada (ml/g MOF) y, entonces, se ajustaron al siguiente modelo exponencial (monomolecular; Fekedulgen *et al.*, 1999) con tres parámetros:

$$y(t) = \alpha * (1 - (\beta * e^{(-k*t)}))$$

donde: α : la producción máxima o valor asintótico de gas o metano como t se acerca a ∞ ; β es potencial de crecimiento o constante biológica; k es el parámetro tasa de crecimiento. Para la estimación de los parámetros del modelo, se utilizó el procedimiento NLIN del paquete SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2016), utilizando el algoritmo de Marquardt. Al final de cada bloque o corrida, se centrifugó una muestra de líquido de cada reactor y se le determinó la densidad óptica (DO) a una longitud de onda de 600 nm en un espectrofotómetro UV/Vis 920. La DO se considera como un estimador de la concentración de las bacterias en el líquido. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar y los efectos principales fueron bloques $\beta(i)$, y el nivel de la VM (τ_j) en la mezcla. Se utilizó procedimiento GLM del paquete de SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2016) para el análisis estadístico de los parámetros con el modelo estadístico:

$$y = \mu + \beta(i) + \tau_j + e(ij)$$

Para determinar el efecto del nivel de VM se utilizaron contrastes ortogonales: lineal, cuadrático, cúbico y cuártico.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestra el efecto de suplementar nitrógeno al rastrojo de maíz y del incremento de la inclusión de VM. Como era esperado, la MOF se incrementó cuadráticamente ($p<0.05$) con la inclusión de urea y el aporte de proteína de VM. En el cuadro 2 se muestran los análisis estadísticos para los parámetros α (valor asintótico en el tiempo), β y κ de un modelo monomolecular para producción de gas (PG) y de metano (PM). La α para PG se incrementó con la adición de urea, pero con la inclusión creciente de VM, la α fue decreció linealmente ($p<0.01$); lo cual es contrario a lo esperado debido a que VM es de mayor calidad nutricional, especialmente por la presencia de proteína (14% vs 4%) y por un alto contenido de carbohidratos no fibrosos (50% vs 9%) que RM, respectivamente. La tasa de producción de gas o metano (parámetro c) se incrementó substancialmente a partir de que la VM constituyó 20% de la mezcla. La dinámica de la PM se comportó similar que PG, respecto a la adición de urea y al incremento de los niveles de VM. Como se esperaba la suplementación de nitrógeno a los forrajes de baja calidad incrementó la digestibilidad del RM y el aumento de la DO. Estas observaciones pueden relacionarse con una mayor actividad y síntesis microbiana, en respuesta a urea y VM. Gaviria *et al.* (2022) compararon mezclas de pastos con o sin leguminosas tropicales leguminosas en la PG, PM y MOF; sus datos muestran que la inclusión de las leguminosas no afectó la PG, PM y MOF. En estudios *in vivo*, la suplementación pasta de soya o urea a animales consumiendo forrajes de baja calidad, el incremento en la PM se explica por el incremento del consumo voluntario la producción, pero la PM se reduce respecto al consumo de energía bruta (Shreck *et al.*, 2021). Aunque Wahyono *et al.* (2022) sugiere que la mayor producción de metano podría estar relacionada a que la mayor disponibilidad de nitrógeno para crecimiento de las bacterias metanogénicas.

Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto de crecientes niveles de vaina de mezquite (VM) sobre la cantidad de materia orgánica fermentada (MOF) y el crecimiento microbiano (densidad óptica (DO)) *in vitro*.

		Porcentaje de vaina de mezquite en la mezcla ^b									
Variable	CON ^a	0	10	20	30	40	EEM ^c	L ^d	C2	C3	C4
MOF ^e (g)	0.89	1.08	1.13	1.17	1.21	1.26	0.093	**	*	ns	ns
DO ^f	0.69	0.72	0.79	0.79	0.80	0.87	0.044	**	ns	ns	ns

^aCON = Rastrojo de maíz (RM) incubado con líquido ruminal + solución amortiguadora; ^bPorcentaje de la vaina de mezquite (VM) en la mezcla de RM y VM incubada, ajustada con urea para ofrecer 11.5% proteína degradable en proteína; EEM=Error estándar de la media; Contrastos ortogonales: L=Lineal; C2=Cuadrático; C3=Cúbico; C4=Cuártico; ^cMOF=Materia orgánica fermentada; ^dDO=Densidad óptica medida a 600 nm UV.* $p<0.05$ y ** $p<0.01$.

Cuadro 2. Análisis de varianza para el efecto de niveles crecientes de vaina de mezquite sobre los parámetros de la cinética de la producción de gas (PG) y de metano (PM).											
PG		Porcentaje de vaina de mezquite en la mezcla ^b									
Variable	CON ^a	0	10	20	30	40	EEM ^c	L ^d	C2	C3	C4
$\alpha(\text{ml}/24\text{h})^e$	180.2	189.8	180.7	174.8	163.5	156.4	6.192	**	ns	ns	ns
β^f	0.771	0.822	0.818	0.813	0.809	0.822	0.006	**	**	**	ns
$c (\text{ml h}^{-1})^g$	0.087	0.062	0.070	0.080	0.089	0.105	0.003	**	**	**	*
PM											
$\alpha(\text{ml}/24\text{h})^e$	156.7	171.7	140.3	135.6	123.9	120.3	10.065	**	ns	ns	ns
β^f	0.78	0.85	0.79	0.84	0.78	0.78	0.025	ns	ns	ns	ns
$c (\text{ml h}^{-1})^g$	0.086	0.061	0.077	0.086	0.105	0.112	0.006	**	**	**	*

^a CON=Rastrojo de maíz (RM) incubado con líquido ruminal + solución amortiguadora; ^b Porcentaje de la vaina de mezquite (VM) en la mezcla de VM y RM incubada, ajustada con urea para ofrecer 11.5% proteína degradable en proteína; ^c EEM=Error estándar de la media; ^d Contrastes ortogonales: L=Lineal; C2=Cuadrático; C3=Cúbico; C4=Cuártico; ^e α =Valor asintótico de la producción en el t (ml/ g MOF); ^f β = Constante biológica; ^g Tasa de crecimiento (ml h^{-1}); * p<0.05 y ** p< 0.01.

Conclusiones

La inclusión de vaina de mezquite reduce la producción de gas y de metano, probablemente, por mejorar la eficiencia del crecimiento microbiano.

Implicaciones

En pequeñas unidades de producción pecuaria, el uso de ingredientes alternativos puede ayudar a balancear las raciones y reducir las emisiones de metano.

Fuente financiadora

El trabajo se realizó con recursos autogenerados del INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. Fekedulegn D, Mac Siurtain MP & Colbert JJ. Parameter estimation of nonlinear growth models in forestry. *Silva Fennica*. 1999; 33(4): 327–336
2. Gaviria UX, Bolívar VDM, Chirinda N, Molina-Botero IC and *et al.* *In vitro* methane production and ruminal fermentation parameters of tropical grasses and grass-legume associations commonly used for cattle feeding in the tropics. *Livest Res Rural Develop*. 2022 (34): Article #43.
3. Leng RA. Interactions between microbial consortia in biofilms: a paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. *Anim. Prod. Sci.* 2014; 54 (5): 519-543. <https://doi.org/10.1071/AN13381>.
4. SAS Institute Inc. 2016. SAS/STAT User's Guide: Statistics. Version 9.4 TS Level 1M7 Edition. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
5. Shreck AL, Zeltwanger JM, Bailey EA, Jennings JS, Meyer BE & Cole NA. Effects of protein supplementation to steers consuming low-quality forages on greenhouse gas emissions. *J. Anim Sci*. 2021; 99(7): skab147. <https://doi.org/10.1093/jas/skab147>.
6. Wahyono T, Sholikin MM, Konca Y, Obitsu T, Sadarman S, Jayanegara A. Effects of urea supplementation on ruminal fermentation characteristics, nutrient intake, digestibility, and performance in sheep: A meta-analysis. *Veterinary World*. 2022; 15(2): 331-340.

ESTATUS ANTIOXIDANTE, COLOR DE LA GRASA Y CARNE DE CERDOS ALIMENTADOS CON GRASAS DE DIFERENTE CALIDAD Y USO DE ANTIOXIDANTES.

Luis Humberto López-Hernández^{1*}, María Alejandra Pérez-Alvarado¹, Gerardo Ordaz-Ochoa¹, Fabian Ulises Fridstein-García²

¹CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP. ²DSM-Firmenich.

*Autor para correspondencia: lopez.lhumberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: Alfa-tocoferol, ácido ascórbico, cerdos.

Introducción

En la porcicultura, para reducir costos, se opta por el uso de grasas de baja calidad, sin embargo, no se conocen las consecuencias productivas o en la calidad de los productos del cerdo, al comprometer los sistemas antioxidantes implicados en la protección contra el estrés oxidativo (Boler et al., 2012; Lauridsen, 2010). La respuesta antioxidant de ciertas vitaminas, como la C (VC) y E (VE), puede modificarse por la concentración, la intensidad del estrés oxidativo y la salud del animal (Lauridsen & Jensen, 2005; Riker et al., 1967). En los cerdos, la síntesis de VC es limitada (Braude et al., 1950), sin embargo, el estrés puede alterar el consumo de alimento, desviando la síntesis y por lo tanto comprometiendo la actividad antioxidant (Riker et al., 1967). Aparentemente, el uso combinado de VC y VE puede mejorar el potencial antioxidant a nivel de tejidos (Lauridsen & Jensen, 2005).

Objetivo. Determinar las consecuencias en el contenido y actividad de los antioxidantes en sangre, así como en el color de la grasa dorsal y carne de dos músculos (*L. dorsi* y *P. major*) del cerdo, por el consumo de dietas adicionadas de grasas con diferente contenido de ácidos grasos libres (aceite fresco de soya y aceite acidulado) y el uso o no de una mezcla antioxidant de vitaminas C y E en la finalización.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Unidad Pecuaria Porcina del CENID-Fisiología. Se usaron 72 cerdos (36 hembras y 36 machos castrados, o bien 18 UE/Tratamiento) alojados individualmente con una edad y peso inicial de 131 ± 1.8 días y 85.0 ± 11.016 kg. Los cerdos se aleatorizaron a los Tratamientos (TRT) en función del sexo y peso. El experimento tuvo una duración de 35d. Los TRT resultaron de un arreglo factorial (2×2) siendo el primer factor el tipo de grasa añadida a la dieta (aceite de soya fresco, ASF, como fuente baja en ácidos grasos libres y aceite acidulado, como fuente rica en ácidos grasos libres, AGL) y el segundo factor la inclusión o no de la mezcla de vitaminas antioxidantes (VC+VE), quedando de la siguiente manera: ASF-An) Dieta donde se incluyó como fuente de grasa aceite de soya fresco sin la adición de antioxidantes; ASF+An) Dieta como la anterior, con la inclusión de 220 mg VC/kg (Rovimix® Stay-C® 35, dsm-firmenich) + 120 mg VE/kg (Rovimix® E50, dsm-firmenich); AGL-An) Dieta donde se incluyó como fuente de grasa un aceite rico en ácidos grasos libres sin la adición de antioxidantes y AGL+An) Dieta como la anterior, con la inclusión del mismo nivel y fuente de vitaminas VC y VE de ASF+An. Las dietas se elaboraron en forma de harina y se formularon respetando los requerimientos nutricionales para la población de estudio (NRC, 2012). Las dietas se formularon para aportar la misma densidad de energía (3.30 Mcal/kg de EM) y lisina digestible (0.70%). Diariamente se registró el alimento ofrecido y semanalmente se midió el rechazado para calcular el consumo diario de alimento (CDA). Al inicio y al final del experimento se pesó individualmente a los cerdos para registrar la ganancia diaria de peso (GDP) y se calculó la eficiencia alimenticia (GxC). Al inicio y final del estudio en granja, se tomaron muestras de sangre de todos los cerdos para determinar en laboratorio las concentraciones de ácido ascórbico (KIT-ab65346), α-tocoferol (HPLC), TBARS (Kit-TBARS-TCA method) y FRAP (espectrofotométrica). Al final del estudio, se midió la profundidad de grasa y del músculo largo dorsal mediante ultrasonografía en tiempo real (ultrasonido Aloka SSD-500, con transductor de 3.5 x 17 cm), a la altura del punto P2 entre la 10a y última costilla. Previo al embarque, los cerdos iniciaron el ayuno para cumplir 20 horas totales a su ingreso a sacrificio, los animales se procesaron en una planta Tipo Inspección Federal (TIF). El análisis estadístico fue para un Modelo Completo al Azar, distinguiendo los efectos mayores del tipo de grasa (GRA) y del uso de antioxidantes (VIT), así como su interacción (GRA×VIT). Se usaron los procedimientos GLM, MEANS y UNIVARIATE del paquete SAS (v. 9.3).

Resultados y discusión

En ninguna variable productiva (Cuadro 1) hubo diferencias por la interacción (GRA×VIT). Sólo se observaron efectos mayores por el tipo de grasa consumida en el CDA, GDP y producción de tejido magro libre de grasa. El uso de una dieta con grasa rica en ácidos grasos libres (AGL), incrementó el CDA ($P=0.05$), mientras que la dieta con grasa de bajo contenido de ácidos grasos libres (ASF), tuvo mayor GDP ($P=0.03$), lo que podría asociarse a la mejor calidad de esta fuente de grasa para aportar la energía en la engorda final. En este sentido, las dietas con ASF también produjeron mayor cantidad de tejido magro libre de grasa ($P=0.02$). Adicionalmente, el uso de antioxidantes en la dieta (VC+VE) indujo un mayor consumo de alimento (2.71 vs. 2.49 kg sin VIT) sin importar el tipo de grasa, estos resultados se han observado en animales y humanos.

Cuadro 1. Respuesta productiva acumulada en los últimos 35d de engorda.

Tipo de grasa	ASF		AGL		EEM	GRA	VIT	GRA×VIT
	-An	+An	-An	+An				
Peso inicial, kg	86.63	85.30	84.52	83.86	2.783	0.51	0.72	0.91
Consumo de alimento, kg ^a	2.17	2.75	2.81	2.67	0.108	0.05	0.02	0.16
Ganancia de peso, kg	1.06	0.94	0.86	0.92	0.049	0.03	0.58	0.07
Eficiencia alimenticia, kg	0.34	0.34	0.31	0.34	0.015	0.25	0.15	0.24
Profundidad de grasa, cm ^a	1.27	1.22	1.45	1.34	0.109	0.16	0.46	0.82
Profundidad de músculo, cm	6.11	5.77	5.61	5.62	0.241	0.18	0.50	0.45
Tejido magro libre de grasa, kg	52.62	50.18	47.78	48.73	1.346	0.02	0.57	0.20

EEM=Error estándar de la media. n=18 UE (9 hembras y 9 machos castrados/Tratamiento). ^a Sexo ($P<0.05$)

En el cuadro 2 se muestran los niveles de antioxidantes, actividad antioxidante y oxidación en torrente sanguíneo, de los animales al concluir el estudio. Los valores iniciales promedio de las variables en sangre fueron: α -tocoferol = 1.61 ± 0.695 mg/L, ácido ascórbico = 94.87 ± 37.136 μ M, y FRAP = 145.24 ± 73.107 μ M. Para α -tocoferol y oxidación lipídica se observaron diferencias entre Tratamientos ($P<0.05$), con efectos contrarios al uso de la mezcla de antioxidantes sobre los diferentes tipos de grasa en la dieta. El uso de las vitaminas C y E, incrementaron el contenido de α -tocoferol ($P=0.01$) en torrente sanguíneo, pero la oxidación (TBARS) fue mayor al usar un aceite rico en ácidos grasos libres (AGL), que con un aceite bajo en ácidos grasos libres (ASF) como el aceite de soya fresco, donde TBARS disminuyó ($P=0.05$). En el caso donde se incrementó TBARS, aparentemente el contenido de antioxidantes usado, no contrarrestó el efecto oxidativo por tener AGL, que podrían ser susceptibles a la oxidación, dependiendo del grado de insaturación (origen). En consecuencia, la actividad antioxidante FRAP no se modificó ($P=0.64$), por el sólo incremento de α -tocoferol circulante. Probablemente la falta de diferencias en el nivel de ácido ascórbico ($P=0.33$) circulante tampoco aportó a la actividad FRAP, lo que lleva a suponer, que los sistemas antioxidantes pudieron ser rebasados.

Cuadro 2. Estatus antioxidant y parámetros de calidad en grasa dorsal y carne de dos músculos porcinos.

Tipo de grasa (GRA)	ASF		AGL		EEM	GRA	VIT	GRA×VIT
	-An	+An	-An	+An				
Parámetros en sangre								
α -tocoferol, mg/L	1.07	1.90	1.39	1.82	0.144	0.41	0.01	0.01
Ác. ascórbico, μ M ^a	117.76	144.68	148.81	131.05	12.831	0.50	0.72	0.33
FRAP, Trólox μ M ^b	122.11	134.77	131.47	140.50	10.121	0.46	0.29	0.64
TBARS, MDA μ M ^a	3.64	3.07	4.31	4.90	0.473	0.01	0.97	0.05
Características de la carne								
Temperatura 45 min	39.53	39.70	39.81	39.76	0.294	0.56	0.83	0.71
pH 45 min	6.07	6.23	6.18	6.19	0.084	0.68	0.31	0.40
Rendimiento, %	83.38	83.63	83.89	83.61	0.594	0.68	0.98	0.66
Merma al frío, %	2.47	2.68	2.97	2.39	0.288	0.73	0.53	0.18
Carne del <i>Longissimus dorsi</i>								
pH 24 horas	5.55	5.57	5.45	5.52	0.019	0.05	0.29	0.01
Luminosidad, L*	79.72	78.94	81.49	80.71	0.544	0.63	0.37	0.03
Tonos rojos, a*	7.74	6.38	6.63	7.09	0.421	0.64	0.30	0.04
Tonos amarillos, b*	10.21	9.09	9.32	9.86	0.359	0.87	0.43	0.03
Pérdida de agua por goteo, %	2.33	2.08	2.37	2.61	0.306	0.36	0.99	0.44

Carne del <i>Psoas major</i>	5.64	5.66	5.66	5.55	0.068	0.53	0.55	0.39
pH 24 horas	75.87	76.79	76.82	77.31	0.460	0.12	0.14	0.22
Luminosidad, L*	13.01	9.73	10.15	11.57	0.464	0.28	0.06	0.01
Tonos rojos, a*	10.63	9.44	9.60	10.33	0.282	0.81	0.42	0.01
Grasa dorsal	96.94	96.70	96.73	96.90	0.184	0.99	0.83	0.26
Luminosidad, L*	-3.43	-3.51	-3.44	-3.55	0.423	0.95	0.83	0.98
Tonos amarillos, b*	11.85	11.39	10.50	10.32	0.587	0.05	0.59	0.24

EEM=Error estándar de la media. n=18 UE/Tratamiento.

Respecto a la calidad de canal, los rendimientos en canal no fueron afectados ($P=0.66$, Cuadro 2), el proceso de matanza generó canales con un pH y temperatura en lomo normales ($P>0.40$), así como una merma en canal aceptable después del enfriado ($P=0.18$). Sin embargo, a las 24 horas posmortem, las variables de calidad de la carne en el lomo tuvieron diferencias entre tratamientos ($P<0.04$), excepto para la pérdida de agua por goteo ($P=0.44$). Los TRT donde los animales consumieron AGL, aún con la suplementación de antioxidantes vía dietaria, el pH fue menor, propiciando un incremento en la luminosidad, que es una ligera pérdida de agua superficial que pudo haber modificado la concentración y estabilidad oxidativa de los tonos rojos y amarillos ($P<0.04$). Mientras que, en el filete, el pH y L* no fueron afectados ($P>0.22$), sólo fueron alterados los tonos rojos y amarillos, probablemente el uso de VIT. Dependiendo del potencial oxidativo dietario y estatus antioxidante, un antioxidante puede volverse pro-oxidante, por ejemplo, un estrés oxidativo dietario bajo podría no necesitar la dosificación de VIT a niveles altos, lo que pudo suceder con las dietas ASF. Finalmente, en la grasa dorsal no hubo diferencias entre TRT ($P=0.24$), observándose sólo un efecto mayor, por el tipo de grasa (EEM=0.415) dietaria, siendo menos amarilla (10.41) la grasa dorsal de los animales alimentados con AGL, qué la de aquellos que consumieron ASF (11.62), posiblemente, la composición como carotenoides y pigmentos liposolubles naturales, no oxidados, pudo incidir en estas variables.

Conclusiones

La adición de antioxidantes (VC+VE) en las dietas de finalización de cerdos, incrementó los niveles de α-tocoferol y redujo la oxidación en sangre, resultando en la reducción de efectos oxidativos en el color de la carne del *L. dorsi* y *P. major*. Sin embargo, el uso de grasa dietaria con mayor contenido de ácidos grasos libres, redujo los parámetros de calidad en la carne y mermó el desempeño productivo, aparentemente por efectos oxidativos que no lograron disminuirse aún con el uso de antioxidantes dietarios.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el proyecto fiscal 2023-2: Impacto de la grasa dietaria en el equilibrio de los sistemas antioxidantes durante el crecimiento de los cerdos, rendimiento en canal y estabilidad oxidativa de la carne y grasa, con número SIGI: 12312036470.

Referencias bibliográficas.

1. Boler, D. D., Fernández-Dueñas, D. M., Kutzler, L. W., Zhao, J., Harrell, R. J., Campion, D. R., McKeith, F. K., Killefer, J., & Dilger, A. C. (2012). Effects of oxidized corn oil and a synthetic antioxidant blend on performance, oxidative status of tissues, and fresh meat quality in finishing barrows. *Journal of Animal Science*, 90(13), 5159–5169. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5266>
2. Braude, R., Kon, S. K., & Porter, J. W. G. (1950). Studies in the Vitamin C Metabolism of the Pig. *British Journal of Nutrition*, 4(2–3), 186–199. <https://doi.org/10.1079/BJN19500035>
3. Lauridsen, C. (2010). Evaluation of the effect of increasing dietary vitamin E in combination with different fat sources on performance, humoral immune responses and antioxidant status of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1–2), 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.015>
4. Lauridsen, C., & Jensen, S. K. (2005). Influence of supplementation of all-rac-α-tocopherol acetate preweaning and vitamin C postweaning on α-tocopherol and immune responses of piglets. *Journal of Animal Science*, 83(6), 1274–1286. <https://doi.org/10.2527/2005.8361274x>
5. Riker, J. T., Perry, T. W., Pickett, R. A., & Heidenreich, C. J. (1967). Influence of Controlled Temperatures on Growth Rate and Plasma Ascorbic Acid Values in Swine. *The Journal of Nutrition*, 92(1), 99–103. <https://doi.org/10.1093/jn/92.1.99>

POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE LA CARNE ANTE UNA ESTRATEGIA PARA REDUCIR LA SUPLEMENTACIÓN DE MINERALES TRAZA EN EL ALIMENTO DEL CERDO.

Luis Humberto López-Hernández*, María Alejandra Pérez-Alvarado, Sergio Gómez-Rosales

CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP

*Autor para correspondencia: lopez.lhumberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: Carne de cerdo, estrategia, minerales.

Introducción

La carne es un tejido animal con sistemas antioxidantes (SA) que ayudan a mantener su integridad tecnológica y de calidad. Dentro de los SA, algunas enzimas y complejos enzimáticos, pueden contener minerales traza (MT), mientras que vitaminas como la E, C y A, también pueden aportar actividad antioxidante (Chan et al., 1994). En adición, la producción de proteína animal se ha incrementado, lo que ha tenido impacto en el ambiente, siendo de gran importancia la gran excreción de nutrientes no absorbidos por el animal (Kebreab et al., 2016). En la alimentación del cerdo se usan MT, como Cu, Fe, Zn, Mn, y Se, que, por los bajos precios de las fuentes convencionales e impacto en el precio total de la dieta, por convencionalismo y a fin de evitar posibles deficiencias, se sobre dosifican (Flohr et al., 2016). El uso de enzimas exógenas (carbohidrasas, proteasas y fitasas) en las dietas de los cerdos, tiene por objetivo mejorar la energía y disponibilidad de nutrientes como el fósforo (Adeola & Cowieson, 2011; Selle & Ravindran, 2008). Sin embargo, un consumo mayor de MT podría causar problemas en la absorción de los minerales, afectando los sistemas antioxidantes que inducirán problemas en el desempeño productivo y la estabilidad oxidativa de la carne. Por lo que, el uso de enzimas exógenas podría llevar a disminuir la concentración de MT en la dieta, siempre y cuando se considere el requerimiento para el animal, hasta un punto en que los sistemas antioxidantes mantengan su actividad.

Objetivo

Evaluar los cambios en el potencial antioxidante de la carne de cerdo, cuando se reduce la dosificación de MT hasta un 33% de la premezcla mineral con el uso de enzimas exógenas durante el periodo de finalización.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la Unidad Pecuaria Porcina del CENID-Fisiología. Cuarenta y ocho cerdos, en igual proporción de sexos y de la crusa [Large White×Landrace]×PIC337, fueron alojados en corraletas individuales durante 49 días. La aleatorización a los tratamientos (TRT) fue considerando el peso y sexo. La alimentación constó de 2 fases, F1 y F2 con una duración de 28 y 21d, respectivamente. Las dietas (Cuadro 1) en forma de harina, tuvieron como ingredientes base grano de sorgo, pasta de soya, pasta de canola y aceite de soya. Los TRT fueron: CP) dieta Control positivo, formulada para cubrir los requerimientos nutricionales de la población, suplementada con los sulfatos de MT (Fe, Zn, Cu y Mn) y selenito de sodio como fuente de Se; CN) dieta Control negativo adicionada de enzimas exógenas (fitasa de Ronozyme HiPhorius™, DSM y un complejo enzimático con actividad de β-Glucanasa; Pectinasa y Hemicelulasa de Ronozyme® VP, DSM), reducida en 100 kcal de EM/kg y 0.1 unidades porcentuales de P digestible y calcio total con respecto a la dieta CP; CN66) dieta como CN reduciendo en 34% la inclusión de la premezcla de MT; CN33) dieta como CN reduciendo en 66% la inclusión de la premezcla de MT. Durante el periodo experimental, se monitoreo el comportamiento productivo, determinando el consumo diario de alimento (CDA), la ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia alimenticia (GxC). Al finalizar la prueba, a todos los animales se les extrajo sangre por venopunción, en tubos sin anticoagulante para obtener el suero, que fue inmediatamente congelado a -20°C para su posterior análisis. Además, se midió la profundidad del músculo largo dorsal (PM) y el espesor de la grasa dorsal (PG) sobre el punto P2 a la altura de la 10° y la última costilla, mediante ultrasonografía en tiempo real (ALOKA SSD-500, Aloka Co. Ltd), usando un transductor lineal de 15.5 cm y 3.5 MHz. Los cerdos fueron enviados a un rastro Tipo Inspección Federal (TIF), con un ayuno previo a fin de garantizar 20h totales al momento de iniciar el proceso de sacrificio. Posteriormente, con ≈18h de frío, las canales fueron despiezadas para obtener los músculos *Longissimus dorsi* (lomo) y *Psoas major* (filete).

Cuadro 1. Dietas experimentales.

Ingredientes	Primera Fase		Segunda Fase	
	CP	CN	CP	CN
Sorgo, grano (8.5%)	736.47	735.88	847.20	845.65
Soya, pasta (46%)	188.27	140.35	103.50	38.16
Canola, pasta (36%)		80.00		90.00
Sebo	40.00	15.00	20.00	3.00
Fosfato mono y dicálcico	12.88	7.30	9.08	3.60
Calcio, carbonato	7.97	8.02	7.26	7.11
L-Lisina HCl	4.25	4.30	3.87	3.90
Sal yodada	3.60	3.60	3.60	3.60
L-Treonina	1.33	1.10	1.50	1.22
Colina HCl	1.34	1.34	0.90	0.90
Minerales traza, pmx ^a	0.70	0.70	0.70	0.70
Secuestrante	1.50	1.50	1.50	1.50
DL-Metionina	1.19	0.41	0.39	0.16
Vitaminas, pmx ^b	0.50	0.50	0.50	0.50
Aporte nutricional				
EM, Mcal/kg	3.30	3.20	3.30	3.20
Ca total, %	0.60	0.55	0.48	0.42
P total, %	0.51	0.46	0.41	0.36

^a La premezcla de minerales traza incluyó por kg: Co, 0.60 mg; Cu, 12 mg; Fe, 100 mg; I, 0.80 mg; Mn, 30 mg; Se, 0.25 mg; y Zn, 120 mg. ^b La premezcla de vitaminas (DSM México) incluyó por kg: Vitamina A, 13,300 UI; Vitamina D3, 3,700 UI; Vitamina E, 160 mg; Menadiona, 9.40 mg; Biotina, 0.67 mg; Cianocobalamina, 0.07 mg; Ácido fólico, 5.33 mg; Niacina, 66.70 mg; Ácido pantoténico, 46.70 mg; Piridoxina, 6.67 mg; Riboflavina 12.00 mg; Tiamina, 4.00 mg; y Vitamina C, 266.70 mg.

Para la obtención de muestras de carne, en los lomos, se obtuvo una porción de 4 vértebras entre la 10^a y última costilla, mientras que el filete fue removido completamente, ambos del lado derecho de la canal. Las muestras de lomo y filete fueron transportadas inmediatamente al laboratorio en hieleras a una temperatura ≈4°C. Se evaluaron las características fisicoquímicas de la carne, como el pH, color (L*, a* y b*) y capacidad de retención de agua por la técnica de goteo. Además, se obtuvieron extractos de las muestras de carne y de los sueros intactos para determinar la capacidad antioxidante por las técnicas de DPPH•, ABTS•+ y FRAP; así como la oxidación lipídica por el método de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). Los datos se analizaron para un Modelo de Bloques Completamente al Azar, en el que se incluyó el sexo como criterio de bloqueo, mediante los procedimientos GLM, MEANS y UNIVARIATE, del paquete estadístico SAS (v. 9.3).

Resultados y discusión

Los cerdos tuvieron un peso promedio inicial de 57.4±4.21 kg para finalizar con 146±1 días de edad y un peso promedio de 111.7±6.89 kg (P>0.60) equivalente a un rendimiento promedio del 80.1±2.35%. En las respuestas productivas: CDA (3.51 kg/d; EEM=0.043; P>0.42), GDP (1.17 kg/d; EEM=0.031; P>0.87) y GxC (0.34 kg; EEM=0.008; P>0.47), así como en el desarrollo de tejidos: PM (6.02 cm; EEM=0.132; P>0.84) y PG (1.23 cm; EEM=0.063; P>0.36), no se encontraron diferencias significativas, lo que sugiere que la inclusión de enzimas exógenas aún con niveles menores de MT, permitieron la liberación de nutrientes. Sólo en la PG se encontraron diferencias asociadas al sexo (P<0.01; Hembras=1.12 vs. Machos castrados=1.33 cm; EEM=0.040).

Respecto al estatus antioxidante en el cerdo, al término del estudio no se encontraron diferencias en la actividad antioxidante (DPPH•=22.09 %, EEM=1.69; FRAP=2.83 mg Eq. Trolox/mL, EEM=0.132 y ABTS•+=34.95 %, EEM=1.411) y la oxidación (TBARS=11.94 µM, EEM=1.033) medida en los sueros. Mientras que, en el lomo, la actividad secuestrante de radicales (DPPH• y ABTS•+) no fue afectada por la reducción de la premezcla de MT y el uso de enzimas exógenas. Sin embargo, la actividad reductora FRAP disminuyó de 3.28 (CP y CN) hasta 2.90 mg Eq. Trolox/g con CN33 (P<0.05, EEM=0.158), lo que tendió a incrementar el valor de TBARS de 0.16 a 0.21 mg MDA/kg (P<0.06, EEM=0.027) y por lo tanto, incrementar solamente la luminosidad (valor L*) superficial de la carne de 58.82 (CP y CN) a 59.85 (CN33), EEM=0.292 (P<0.05). Por otro lado, en el filete, a pesar de encontrarse una tendencia en FRAP (P=0.06) similar al lomo, sólo el valor de TBARS fue mayor en CN33=0.25 vs. 0.19 (CP y CN) mg MDA/kg (P<0.02,

EEM=0.022); lo que, tendió a incrementar la pérdida de peso por goteo de 0.9 (CN) a 1.4% (EEM=0.214, P=0.06) y la L* de 56.48 (CP) a 56.88 (EEM=0.175, P=0.06) con CN33. Lo anterior evidencia, que el potencial antioxidante de la carne dependerá de la naturaleza del músculo, por lo que, las propiedades fisicoquímicas serán afectadas de diferente forma.

Conclusiones

La estrategia de reducir hasta en un 66% la suplementación de minerales traza, aun con la ayuda de enzimas exógenas para liberar nutrientes y energía, pudo soportar el crecimiento en la etapa de finalización del cerdo, pero comprometió los sistemas antioxidantes, particularmente los reductores en la carne, incrementando la oxidación lipídica y afectando parámetros de apariencia y desjugado. Por lo tanto, la estrategia de reducir solo hasta en un 33% el requerimiento de minerales traza con ayuda de enzimas exógenas dietarias, asegurará el desempeño productivo del cerdo sin afectar el potencial antioxidante de su carne.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el proyecto fiscal 2023-2: Contribuciones tecnológicas para incrementar la eficiencia de reciclaje de minerales “de la granja a la tierra” usando opciones nutricionales y de manejo de estiércol en porcicultura, con número SIGI:14255136374.

Referencias bibliográficas.

1. Adeola, O., & Cowieson, A. J. (2011). BOARD-INVITED REVIEW: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science*, 89(10), 3189–3218. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3715>
2. Chan, K. M., Decker, E. A., & Feustman, C. (1994). Endogenous skeletal muscle antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(4), 403–426. <https://doi.org/10.1080/10408399409527669>
3. Flohr, J. R., Derouchey, J. M., Woodworth, J. C., Tokach, M. D., Goodband, R. D., & Dritz, S. S. (2016). A survey of current feeding regimens for vitamins and trace minerals in the US swine industry. *J Swine Health Prod. Journal of Swine Health and Production*, 24(6), 290–303. <http://www.aasv.org/shap.html>.
4. Kebreab, E., Liedke, A., Caro, D., Deimling, S., Binder, M., & Finkbeiner, M. (2016). Environmental impact of using specialty feed ingredients in swine and poultry production: A life cycle assessment. *Journal of Animal Science*, 94(6), 2664–2681. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9036>
5. Selle, P. H., & Ravindran, V. (2008). Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livestock Science*, 113(2–3), 99–122. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.05.014>

EFECTO DE LA HARINA DE HOJAS DE MORINGA (*Moringa oleifera*) EN EL ALIMENTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE HUEVO DE CODORNIZ.

Silvino Carrillo-Pita^{1*}, José Luis Brito-Gutiérrez¹, Humberto Hernández-Hernández¹, Keila Noemí Valencia-Nuñez¹, Guadalupe Monserrat Rios-Basilio²

¹Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGRO), ²Ex-Alumna CEP-CSAEGRO.

*Autor para correspondencia: carrisil6@hotmail.com

Palabras clave: Codornices, *Moringa oleifera*, producción.

Introducción

Frente al aumento de la población, un desafío para México es satisfacer las necesidades de proteínas de la población con opciones económicas, altamente disponibles y capaces de sustituir los alimentos convencionales, ya que según la CONEVAL (2022) el 7.1% está en pobreza extrema y un 18.2% carecen de acceso a una alimentación nutritiva y de calidad. En este contexto, la Cotornicultura que es la crianza y manejo de las codornices puede ser una alternativa, ya que tal y como lo mencionan López-Salazar *et al.* (2020) es una actividad rentable, pues no existe competencia debido a la baja producción de esta especie, la cual es de tamaño pequeño y para empezar con una crianza se puede comenzar con 50 aves y obtener el doble de animales en poco tiempo debido a su precocidad. La crianza puede ser en un lugar pequeño utilizando baterías, además de que el huevo de codorniz tiene un alto valor nutritivo en proteínas, vitaminas y minerales, con bajo contenido en colesterol. Por otra parte, la hembra particularmente es muy productiva en comparación con las demás especies, en un año puede producir aproximadamente de 300 a 350 huevos sin descansar, a partir de los 45 días de edad. También importante señalar que actualmente en la búsqueda de fuentes de proteína para la alimentación de los animales, se ha venido utilizando a la moringa (*Moringa oleifera*) como una alternativa, pues es una especie introducida en México desde India y Pakistán, sus hojas contienen entre 20 y 25 g de proteína, 5 a 7.5% de grasa y 25 a 31% de fibra. Además, es una fuente de minerales como hierro, calcio y vitamina C, recomendada por su bajo contenido de colesterol y su riqueza en antioxidantes. En la alimentación de animales domésticos, se ha utilizado en conejos, cabras, ovejas y vacas (Fuentes *et al.*, 2019). Por lo anteriormente expuesto se planteó este trabajo de investigación con el objetivo siguiente:

Objetivo

Evaluar la producción y características del huevo en codorniz (*Coturnix coturnix japonica*), con la adición en el alimento comercial de 15 y 20% de pellets de harina de hojas de moringa (*Moringa oleifera*).

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Centro de Estudios Profesionales (CEP), dependiente del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), ubicado en el kilómetro 14.5 de la carretera Iguala- Cocula, Gro. Se utilizaron 45 codornices hembras de 5 semanas de edad, con un peso inicial promedio de 157 g. Distribuidas de acuerdo a un diseño completamente al azar en tres tratamientos cada uno con 3 repeticiones de 5 codornices. Para la preparación del alimento se recolectó la hoja de moringa durante 3 meses, se secó a la sombra; una vez que secó se molvió en un molino de mano. Ya obtenida la harina, esta se mezcló con grenetina diluida en agua obteniéndose una pasta a partir de cual manualmente se elaboraron pellets, que fueron secados al sol, para ser quebrados con ayuda de un mortero en partículas pequeñas, con el propósito que la codorniz lo pudiera ingerir, mezclándose en los porcentajes indicados con el alimento comercial de acuerdo con los tratamientos. Los tratamientos evaluados quedaron distribuidos de la siguiente manera: T1 = 100% alimento comercial para codorniz; T2 = 85% alimento comercial para codorniz + 15% de pellets de harina de hojas de moringa y T3 = 80% alimento comercial para codorniz + 20% de pellets de harina de hojas de moringa. Despues de las 7 semanas al romper postura las codornices se evaluaron las siguientes variables: Producción de huevo (no.), Peso del Huevo (g), Peso del Cascarón (g), Peso de la Yema (g), Peso de la Clara (g), Largo del Huevo (g) y Diámetro del huevo (cm).

Resultados y discusión

No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos, para la de producción de huevo (Cuadro 1), lo cual indica que la adición de los *pellets* de hojas de moringa no modificó la producción de huevo en las codornices, probablemente el no detectar diferencias, se deba a que se observó cierto grado de selección en el consumo de los *pellets* de moringa y los del alimento comercial y al periodo de evaluación que fue solo de cinco semanas, sin embargo hay otros aspectos a considerar que no fue posible evaluar en esta investigación, ya que la moringa en humanos tiene un efecto hipoglucemiante. Degollado (2018) reportó resultados similares a los obtenidos en la presente investigación, al no encontrar efectos significativos ($P>0.05$) en el porcentaje de postura con la adición de hojas de moringa en las dietas de codornices.

Cuadro 1. Producción de huevo en codornices alimentadas con 15 y 20% con *pellets* de harina de hojas moringa (*Moringa oleifera*) adicionados en el alimento comercial.

Tratamientos	Producción total de huevos por Tratamiento (no.)	Producción Huevos por Animal
		(no.)
		Media ± Desv. Est
T1	99 ± 9 a	20 ± 2 a
T2	95 ± 8 a	19 ± 2 a
T3	73 ± 3 a	15 ± 6 a

^aLiterales iguales por columna indican diferencias no significativas ($P>0.05$).

*T1: Alimento comercial, T2: Alimento comercial con 15% de *pellets* de harina de hojas de moringa y T3: Alimento comercial con 20% de *pellets* de harina de hojas de moringa.

Tampoco se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos, para las ninguna de las características de los huevos de codorniz evaluadas, por efecto de la adición de los *pellets* de harina de hojas de moringa en el alimento comercial. Como se mencionó anteriormente, probablemente se deba a un efecto de cierto grado de selección entre los pellets del alimento comercial y los pellets de moringa ya que eran de un color verde más oscuro, además del corto periodo de evaluación. Abou-Elezz *et al* (2012) y Degollado (2018) encontraron efectos similares con la inclusión de hojas de moringa a la dieta convencional de gallinas de postura y de codornices, coincidiendo con los resultados de la presente investigación al no tener efectos significativos.

Cuadro 2. Producción de huevo en codornices alimentadas con 15 y 20% con *pellets* de harina de hojas moringa (*Moringa oleifera*) adicionados en el alimento comercial.

Características del huevo	T1	T2	T3
	Media ± Desv. Est		
Peso del huevo (g)	10.75 ± 0.60 a	11.05 ± 0.79 a	10.10 ± 0.58 a
Peso del cascarón (g)	1.02 ± 0.19 a	1.06 ± 0.20 a	1.02 ± 0.24 a
Peso de la yema (g)	3.08 ± 0.40 a	3.05 ± 0.27 a	3.19 ± 0.37 a
Peso de clara (g)	6.44 ± 0.41 a	6.65 ± 0.61 a	6.45 ± 0.51 a
Largo (cm)	3.04 ± 0.20 a	3.00 ± 0.21 a	3.11 ± 0.26 a
Diámetro (cm)	7.53 ± 0.25 a	7.57 ± 0.30 a	7.53 ± 0.19 a

^aLiterales iguales por columna indican diferencias no significativas ($P>0.05$).

*T1: Alimento comercial, T2: Alimento comercial con 15% de *pellets* de harina de hojas de moringa y T3: Alimento comercial con 20% de *pellets* de harina de hojas de moringa.

Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó la presente investigación, se concluye lo siguiente: La adición en el alimento comercial de 15 y 20% de *pellets* de harina de hojas de moringa (*Moringa oleifera*) en el alimento de las codornices en postura no modifica la producción de huevo, ni las características del mismo.

Sin embargo, sería interesante que el alimento concentrado se fabricara con los porcentajes de harina de hojas de moringa como parte de él, de tal forma que se balancearan los contenidos de proteína y energía, lo cual permitiría tener un alimento de un solo color, ya que como se mencionó se observó cierto grado de selección por el color de los pellets de moringa por las codornices.

Agradecimientos

A GRANJA'S LA PERLA, de la comunidad El Naranjo, municipio de Iguala, Gro., productores de codornices por el apoyo brindado al proyecto, facilitando la adquisición de los animales y el alimento comercial.

Fuente financiadora

El trabajo de investigación fue solventado en su totalidad por los investigadores. Además del apoyo del CEP-CSAEGRO al facilitar las instalaciones para su realización.

Referencias bibliográficas

1. Abou-Elezz, K. F., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., y Francisco Solorio Sánchez, J. 2012. The nutritional effect of *Moringa oleifera* fresh leaves as feed supplement on Rhode Island Red hen egg production and quality. Tropical Animal Health and Production. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22207478/>.
2. Degollado, A. K. M. 2018. Efecto de la inclusión de *Moringa oleifera* Lam. En dietas de codorniz, sobre postura, utilización de energía, proteína metabolizable y calidad de huevo. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://eprints.uanl.mx/15792/1/1080289859.pdf>.
3. CONEVAL. 2022. Medición de la pobreza. Resultados de la pobreza en México. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2022.aspx.
4. Fuentes, E. M. K, Quezada, T. T, Guzmán, M. S. H, Valdivia, F. A. G, Ortíz, M. R. 2019 Efecto del consumo de *Moringa oleifera* sobre parámetros productivos y toxicológicos en pollos de engorda. Rev Mex Cienc Pecu; 10(4):1013-1026. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4575>.

REGULACIÓN DE SISTEMAS ANTIOXIDANTES EN LECHONES DESTETADOS POR CONSUMO DE GRASAS DE DIFERENTE CALIDAD OXIDATIVA E INCLUSIÓN DE VITAMINAS ANTIOXIDANTES.

María Alejandra Pérez-Alvarado^{1*}, Luis Humberto López-Hernández¹, Fabian Ulises Fridstein-García²

¹CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, ²DSM-Firmenich

*Autor para correspondencia: perez.maría@inifap.gob.mx

Palabras clave: lechones, grasas, antioxidantes.

Introducción

En la producción de cerdos, el uso de grasas de mala calidad en las dietas puede afectar la respuesta productiva al comprometer los sistemas antioxidantes implicados en la protección contra el estrés oxidativo (Boler et al., 2012). La actividad de los compuestos antioxidantes como las vitaminas C y E podrían modificarse en el animal dependiendo de la duración del estrés al que es sometido. En un estrés agudo (<42d), las reacciones de oxidación podrían sobrepasar la actividad antioxidante y ser más evidente las mermas en la productividad (Campbell et al., 2013). En los cerdos, la vitamina C (VC) puede ser sintetizada por el mismo (Braude et al., 1950), sin embargo, el estrés inherente al destete altera el consumo de alimento, lo que puede ocasionar que su síntesis sea insuficiente, coincidiendo con la reducción de la actividad de los antioxidantes disponibles ante un exceso de radicales libres que dañaran a la célula (Campbell et al., 2013). Adicionalmente, la suplementación de VC puede resultar en mejores ganancias de peso (Yen & Pond, 1981). En el caso de la vitamina E (VE), la consecuencia del uso de grasas oxidadas, es la pérdida de esta, por lo que, la regeneración del α-tocoferol por la VC puede ser un factor que beneficie la productividad, el bienestar y la salud del animal (Lauridsen & Jensen, 2005).

Objetivo

Evaluar los cambios en el contenido de ácido ascórbico y α-tocoferol, así como sus consecuencias antioxidantes (FRAP) y de oxidación lipídica (TBARS) en lechones destetados, en respuesta a la inclusión de vitaminas C y E en dietas con diferente calidad oxidativa de grasa.

Materiales y métodos

El trabajo se condujo en la Unidad Pecuaria Porcina del CENID-Fisiología. Se usaron 280 lechones con 26 ± 1.2 d de edad y un peso de 7.39 ± 1.004 kg, divididos en 3 bloques (grupos consecutivos de partos), teniendo un total de 56 unidades experimentales (UE), siendo corrales con 5 lechones. Los lechones se aleatorizaron a los Tratamientos (ocho) en función de la camada de origen, sexo y peso. El experimento tuvo una duración de 42d y se dividió en 2 períodos de 21d con alojamiento, manejo ambiental y alimentación diferentes. El programa de alimentación consistió en 3 fases: primera semana posdestete (F1); semanas 2 y 3 posdestete (F2) y F3, las tres últimas semanas del ensayo. Los Tratamientos (TRT) resultaron de un arreglo factorial ($2 \times 2 \times 2$) siendo el primer factor el tipo de grasa usada en la dieta (aceite vegetal fresco y aceite rico en ácidos grasos libres); el segundo factor la inclusión o no de 220 mg/kg de vitamina C (Rovimix® Stay-C® 35, dsm-firmenich) y el tercer factor la inclusión o no de 120 mg/kg de vitamina E (Rovimix® E50, dsm-firmenich) como fuentes de compuestos antioxidantes, siendo los TRT: 1) Dieta donde se incluyó como fuente de grasa aceite vegetal fresco sin la adición de antioxidantes; 2) Dieta como 1 con la inclusión de 220 mg/kg de VC; 3) Dieta como 1 con la inclusión de 120 mg/kg de VE; 4) Dieta como 1 con la inclusión de 220 mg/kg de VC + 120 mg/kg de VE; 5) Dieta donde se incluyó como fuente de grasa aceite rico en ácidos grasos libres sin la adición de antioxidantes; 3) Dieta como 5 con la inclusión de 220 mg/kg de VC; 7) Dieta como 5 con la inclusión de 120 mg/kg de VE y 8) Dieta como 5 con la inclusión de 220 mg/kg de VC + 120 mg/kg de VE. Las dietas se elaboraron en forma de harina y se formularon respetando los requerimientos nutricionales para la población de estudio (NRC 2012). Todas las dietas se formularon para aportar una misma densidad de energía metabolizable y lisina digestible, siendo F1: 3.40 Mcal de EM/kg y 1.5% de lisina digestible; F2: 3.35 Mcal de EM/kg y 1.4% lisina digestible y F3: 3.30 Mcal de EM/kg y 1.3% de lisina digestible. Diariamente se registró el alimento ofrecido por UE y semanalmente se midió el rechazado para calcular el consumo diario de alimento (CDA). Al destete (inicio) y al final de cada semana, se pesó individualmente a los lechones para calcular la ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia alimenticia, como la estimación de la ganancia en función del consumo (G/C). Durante los primeros 21d del ensayo se calificaron las heces diariamente por UE, usando una escala subjetiva de 0 a

3 (0=heces secas y duras, 3=heces líquidas). Al inicio del experimento (destete) y a los 21d posdestete se tomaron muestras de sangre de un lechón al azar por UE para determinar las concentraciones de ácido ascórbico (KIT-ab65346), α -tocoferol (HPLC), actividad antioxidante por la técnica de FRAP y oxidación lipídica (Kit-TBARS-TCA method). El análisis estadístico de los datos se condujo para un Modelo de Bloques Completos al Azar, distinguiendo los efectos mayores del tipo de grasa, de vitamina C, vitamina E, así como su interacción. Se usaron los procedimientos GLM, MEANS, MIXED y UNIVARIATE del paquete estadístico SAS (v. 9.3).

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestra la respuesta productiva por Tratamiento. Al analizar las variables en función de los factores solo se encontró respuesta acumulada a los 21d en la consistencia de las heces ($P<0.01$; EEM=0.049; fresco=1.38 vs. aceite rico en ácidos grasos libres=1.60), teniendo una mayor proporción de animales con diarrea en los TRT que incluyeron el aceite rico en ácidos grasos libres. No se observaron diferencias para ninguna de las otras variables productivas en función de la interacción ($P>0.14$). Cuadro 1. Respuesta productiva acumulada durante el experimento (42d).

Tipo de grasa	Aceite fresco				aceite rico en ácidos grasos libres				EEM
	0	220	0	220	0	220	0	220	
Vitamina C, mg/kg	0	220	0	220	0	220	0	220	EEM
Vitamina E, mg/kg	0	0	120	120	0	0	120	120	
Peso inicial, kg	7.31	7.32	7.42	7.42	7.47	7.42	7.39	7.39	0.406
<i>Respuesta a los 21d posdestete (0-21d)</i>									
Consumo de alimento, kg	0.17	0.22	0.18	0.20	0.19	0.21	0.23	0.16	0.022
Ganancia de peso, kg	0.27	0.30	0.28	0.29	0.29	0.31	0.33	0.25	0.024
Eficiencia alimenticia, kg	0.61	0.75	0.64	0.66	0.68	0.66	0.70	0.63	0.047
Consistencia de las heces	1.47	1.43	1.42	1.21	1.57	1.38	1.62	1.77	0.097
<i>Respuesta acumulada a los 42d posdestete (0-42d)</i>									
Consumo de alimento, kg	0.62	0.64	0.61	0.63	0.62	0.63	0.71	0.61	0.060
Ganancia de peso, kg	0.45	0.47	0.44	0.44	0.46	0.44	0.48	0.42	0.040
Eficiencia alimenticia, kg	0.73	0.76	0.72	0.71	0.74	0.73	0.68	0.71	0.042
Consistencia de las heces	1.21	1.15	1.17	1.01	1.21	1.17	1.28	1.31	0.084

EEM=Error estándar de la media. n=7 UE/Tratamiento.

Los valores iniciales promedio (al destete) de las variables en sangre fueron: α -tocoferol (1.27 ± 0.578 mg/L), ácido ascórbico (108.58 ± 41.741 μ M), FRAP (261.33 ± 131.336 μ M) y TBARS (29.18 ± 13.988 MDA μ M); observándose un decremento promedio ($P<0.02$) después de 21 días de exposición a los diferentes TRT sólo en α -tocoferol (0.83 ± 0.606 mg/L), FRAP (171.20 ± 58.629 μ M) y TBARS (17.83 ± 14.328 MDA μ M), sin cambio para el ácido ascórbico ($P=0.09$; 82.76 μ M). Los valores altos al inicio del experimento podrían estar asociado al estrés mismo del momento del destete y al muestreo, en el que el confort de los lechones junto a la madre pudo haber aportado a un estatus antioxidante mayor.

Cuadro 2. Contenido de ácido ascórbico y α -tocoferol, así como respuesta antioxidante y oxidativa en lechones después de 21d.

Tipo de grasa	Aceite fresco				Aceite rico en ácidos grasos libres				EEM
	0	220	0	220	0	220	0	220	
Vitamina C, mg/kg	0	220	0	220	0	220	0	220	EEM
Vitamina E, mg/kg	0	0	120	120	0	0	120	120	
α -tocoferol, mg/L ^a	0.24	0.36	0.91	1.06	0.40	0.66	1.43	1.38	0.169
Ácido ascórbico, μ M ^b	58.37	43.01	131.02	87.75	77.32	75.56	131.62	61.27	22.698
FRAP, Trólox μ M ^b	173.88	138.45	131.73	250.13	161.63	176.67	171.65	164.67	22.518
TBARS, MDA μ M ^a	24.86	15.00	6.95	9.17	32.93	18.78	23.34	18.82	5.963

EEM=Error estándar de la media. n=7 lechones/Tratamiento. ^a $P>0.37$. ^b $P<0.01$.

La interacción tipo de grasa \times vitamina C \times vitamina E no fue significativa para las variables α -tocoferol ($P=0.84$), ácido ascórbico ($P=0.38$) y TBARS ($P=0.57$), por lo que se discutirán las diferencias asociadas a los factores mayores cuando sea el caso. En lo referente al contenido de α -tocoferol sanguíneo se observó efecto del tipo de grasa en la dieta ($P<0.01$, EEM = 0.084), donde el consumo de aceite fresco se asoció con una menor concentración de α -tocoferol (0.64 mg/L), respecto al aceite rico en ácidos grasos libres

(0.97 mg/L), lo que indica que una exposición a un mayor estrés oxidativo dietario demandó un mayor nivel de α-tocoferol circulante. Adicionalmente, también se observó efecto por la suplementación de vitamina E en el alimento, donde al dosificar 120 mg/kg, se alcanzó un valor en sangre de 1.20 mg/L, aproximadamente 2.9 veces mayor ($P<0.01$, EEM=0.085) respecto a no suplementar la vitamina en el alimento (0.41 mg/L). En adición, el nivel de ácido ascórbico en sangre, cuando no se suplementó vitamina C en la dieta, fue alto (99.58 μM) y aparentemente considerado normal, pero al suplementar VC a 220 mg/kg, el nivel disminuyó a 66.90 μM ($P=0.05$, EEM=11.35). Por el contrario, al evaluar el efecto de la suplementación de VE ($P=0.02$, EEM=11.355), se indujo un mayor nivel circulante de ácido ascórbico (102.91 μM) cuando se suplementó, que cuando no se suplementó vía dieta (63.57 μM). En consecuencia, la actividad antioxidante FRAP fue mayor ($P<0.01$, EEM=22.518), solo al suplementar las dos vitaminas con un estrés oxidativo dietario aparentemente bajo como fue el aceite vegetal fresco (250.13 Trólox μM), mientras que, al usar un aceite rico en ácidos grasos libres, la actividad no se incrementó (164.67 Trólox μM), debido al gasto de antioxidantes, pero sin disminución de la oxidación (TBARS, $P=0.57$). El valor de TBARS, sólo se redujo por efecto del tipo de grasa, aceite fresco = 13.20 MDA μM vs. aceite rico en ácidos grasos libres = 23.47 MDA μM ($P=0.03$, EEM=2.989). Y una ligera tendencia a reducirse el valor de oxidación TBARS ($P=0.06$, EEM=2.988) cuando se suplementó VE, 14.57 MDA μM vs. 22.89 MDA μM sin uso de VE en la dieta. La falta de diferencias en comportamiento productivo, se podría asociar a que sin importar el estrés oxidativo dietario (tipo de grasa), siempre y cuando haya recursos antioxidantes (vitamina C y/o E) durante el consumo, el organismo buscará reducir la oxidación (TBARS) a valores aparentemente normales, movilizando los antioxidantes en la sangre.

Conclusiones

El uso de aceite con un potencial oxidativo mayor aparentemente no afecta el comportamiento productivo de lechones, sin embargo, los niveles de antioxidantes (ácido ascórbico y α-tocoferol) se ajustaron a la situación de estrés oxidativo dietario del cerdo durante los primeros 21d posdestete, para mantener un estatus oxidativo (TBARS) normal, sin detrimento en el comportamiento productivo. Adicionalmente, el estrés oxidativo propiciado por grasas de mayor deterioro oxidativo como los aceites ricos en ácidos grasos libres requiere de una mayor circulación de antioxidantes, para favorecer la actividad FRAP.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el proyecto fiscal 2023-2: Impacto de la grasa dietaria en el equilibrio de los sistemas antioxidantes durante el crecimiento de los cerdos, rendimiento en canal y estabilidad oxidativa de la carne y grasa, con número SIGI: 12312036470.

Referencias bibliográficas.

1. Boler, D. D., Fernández-Dueñas, D. M., Kutzler, L. W., Zhao, J., Harrell, R. J., Campion, D. R., McKeith, F. K., Killefer, J., & Dilger, A. C. (2012). Effects of oxidized corn oil and a synthetic antioxidant blend on performance, oxidative status of tissues, and fresh meat quality in finishing barrows. *Journal of Animal Science*, 90(13), 5159–5169. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5266>
2. Braude, R., Kon, S. K., & Porter, J. W. G. (1950). Studies in the Vitamin C Metabolism of the Pig. *British Journal of Nutrition*, 4(2–3), 186–199. <https://doi.org/10.1079/BJN19500035>
3. Campbell, J. M., Crenshaw, J. D., & Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-19>
4. Lauridsen, C., & Jensen, S. K. (2005). Influence of supplementation of all-rac-α-tocopheryl acetate preweaning and vitamin C postweaning on α-tocopherol and immune responses of piglets. *Journal of Animal Science*, 83(6), 1274–1286. <https://doi.org/10.2527/2005.8361274x>
5. Yen, J. T., & Pond, W. G. (1981). Effect of Dietary Vitamin C Addition on Performance, Plasma Vitamin C and Hematic Iron Status in Weanling Pigs1. *Journal of Animal Science*, 53(5), 1292–1296. <https://doi.org/10.2527/jas1981.5351292x>

EFFECTO DEL LIPOFEED EN EL AGUA DE BEBIDA SOBRE EL PESO Y FRACCIONES DE LA CANAL EN POLLOS DE ENGORDA.

Lino Ezequiel Brito-Ocampo¹, Mayra Isela Merlos-Brito¹, Ignacio Arturo Domínguez-Vara², Héctor Hugo Galicia-Aguilar¹, Oscar Daniel Toral-Rodríguez¹, Daniel Trujillo-Gutiérrez^{2*}

¹Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales.

²Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

*Autor para correspondencia: danieltg_dan@yahoo.es

Palabras clave: Lipofeed ®, aditivo gluconeogénico, pollos de engorda

Introducción

La inclusión de aditivos gluconeogénicos en la alimentación animal tienen efectos sobre la acumulación muscular en pollos. El Lipofeed ® es un gluconeogénico a base de sales orgánicas como el propionato del calcio. En este sentido, los precursores gluconeogénicos elaborados a base de propionatos (Sánchez *et al.*, 2014), mejoran la producción de energía a partir del catabolismo de la glucosa hasta piruvato en la ruta glucolítica. Asimismo, a través del ciclo de Krebs en la ruta del succinato, donde se transforma en propionil CoA, para después formarse propionato; y finalmente piruvato a glucosa. La glucosa formada es utilizada como una fuente extra de energía, la cual es disponible al animal para que sintetice mayores ganancias diarias de peso con mejores conversiones alimenticias; pero se desconoce su efecto sobre las características y el rendimiento de la canal de pollos en engorda.

Objetivo

Por lo tanto, en esta investigación se evaluó el efecto de la inclusión de Lipofeed ® en el agua de bebida para pollos de engorda Cobb 500 sobre el comportamiento productivo y características de la canal.

Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), Guerrero, México. Se utilizaron 195 pollos de la línea Cobb 500 sexados con peso vivo promedio inicial de 42 g y engordados con alimento comercial (APIABA ®) en tres etapas productivas (iniciación, crecimiento, y finalización) y suplementados con Lipofeed ® (0, 1, 1.2 mL L⁻¹) en el agua de bebida, durante seis semanas. Las variables de respuesta fueron: peso vivo (PV), peso sin sangre (PSS), peso sin plumas (PSP), peso sin patas y sin cabeza (PSPSC), peso en canal (PEC), peso sin cuello (PSC), peso de alas (PDA), peso de pierna y muslo (PDPYM), peso de pechuga (PDP), peso de cadera (PDC), peso de huacal (PDH) y peso de vísceras (PDV).

Alimentación. Se proporcionó agua y alimento comercial, se utilizaron bebederos manuales de 3 L de capacidad. De acuerdo con el crecimiento del pollo e incremento de peso, se fue aumentando la oferta de alimento y agua. El período de engorda duró 6 semanas. Los pollos fueron alimentados con alimento comercial APIABA®, utilizando las 3 fases de la línea comercial: Iniciador (220 g kg⁻¹ PC kg⁻¹ MS), Crecimiento (190 g kg⁻¹ PC kg⁻¹ MS) y Finalizador 190 g kg⁻¹ PC kg⁻¹ MS). Se ofreció inicialmente 1 kg de acuerdo con el crecimiento del pollito y gradualmente se aumentó la oferta del alimento hasta su finalización. En este resumen se presenta los resultados de la composición de la canal de pollos de engorda.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos con niveles crecientes de Lipofeed ® (0, 1, 1.2 mL L⁻¹) con 65 repeticiones cada uno. El análisis estadístico se realizó con PROC GLM y PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2004), la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P<0.05$). Además, se realizó el análisis de correlación de Pearson entre variables.

Resultados y discusión

Los resultados (Cuadro 1) muestran que no hubo efecto ($P>0.05$) de la inclusión en el agua de bebida de tres (0, 1 y 1.2 mL L⁻¹) niveles de Lipofeed ® en la alimentación de pollos de engorda de 6 semanas de edad, excepto para peso de pechuga (PDP) ($P<0.05$). Sin embargo, se observó una tendencia estadística ($P=0.10$) sobre el efecto lineal de polinomio de los niveles de inclusión sobre el peso de las vísceras (PDV) y tendencia cuadrática de polinomio ($P=0.10$) sobre el peso de las alas (PDA). Para PDV la tendencia lineal negativa indica que a medida que aumentó el nivel de Lipofeed, disminuyó su peso; lo que es un efecto

positivo para la producción de carne de pollo. Los resultados significativos y de tendencia de este experimento sugieren cambios en el metabolismo de gluconeogénico y lipogénico en los pollos (Cobb 500) de engorda de 6 semanas de edad.

Cuadro 1. Efecto de la inclusión de Lipofeed ® en diferentes concentraciones sobre el rendimiento productivo de pollos en engorda de 6 semanas.

Variables, kg	Niveles de inclusión (mL/L)					Efecto de polinomio, P<	Efecto de polinomio, P<	
	T1 (0)	T2 (1)	T3 (1.2)	EEM	CV, %		L	Q
Peso vivo	3.40 ^a	3.37 ^a	3.36 ^a	0.06	6.38	0.87	0.67	0.91
Peso sin sangre	3.20 ^a	3.15 ^a	3.15 ^a	0.06	6.33	0.75	0.55	0.77
Peso sin plumas	3.05 ^a	3.01 ^a	3.14 ^a	0.08	8.94	0.45	0.51	0.43
Peso sin patas y sin cabeza	2.87 ^a	2.83 ^a	2.96 ^a	0.08	9.21	0.45	0.46	0.41
Peso en canal	2.51 ^a	2.48 ^a	2.54 ^a	0.05	6.53	0.64	0.64	0.49
Peso sin cuello	2.42 ^a	2.40 ^a	2.48 ^a	0.04	6.30	0.36	0.37	0.39
Peso de alas	0.24 ^a	0.23 ^a	0.24 ^a	0.01	7.15	0.22	0.80	0.10
Peso de pierna y muslo	0.66 ^a	0.67 ^a	0.65 ^a	0.01	8.37	0.86	0.78	0.71
Peso de pechuga	0.99 ^{ab}	0.98 ^b	1.04 ^a	0.02	9.35	0.05	0.30	0.30
Peso de cadera	0.25 ^a	0.23 ^a	0.24 ^a	0.01	10.09	0.55	0.47	0.35
Peso de huacal	0.26 ^a	0.26 ^a	0.26 ^a	0.02	16.23	0.92	0.91	0.74
Peso de vísceras	0.34 ^a	0.33 ^a	0.30 ^a	0.02	16.76	0.18	0.10	0.79

T1 (0), Tratamiento 1 con 0% de inclusión de Lipofeed ®; T2 (1), tratamiento 2 con 1 mL de inclusión de Lipofeed ®; T3 (1.2), tratamiento 3 con 1.2 mL de inclusión de Lipofeed ®. CV, coeficiente de variación. EEM, error estándar de la media. P<, probabilidad de efecto de polinomio. L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

Por una parte, el incremento en el peso de la pechuga para el tratamiento (T3) con 1.2 mL L⁻¹ de Lipofeed ® y, por otra parte, una disminución de peso de las vísceras ($P=0.12$); sugieren que la disminución de peso principalmente en forma de grasa visceral, hepática y en toda la cavidad abdominal, fue utilizada para la acumulación de tejido muscular en pechuga. El producto Lipofeed ® es promotor y efector del metabolismo glucogénico y gluconeogénico a base de 1-2 propanodiol (4.00%) y propionatos de sodio o calcio (11.20%). Los precursores glucogénicos elaborados a base de propionatos (Sánchez *et al.*, 2014), favorecen la producción de energía a partir de la oxidación de glucosa a piruvato en la ruta de la glucólisis. Asimismo, a través del ciclo de Krebs en la ruta del succinato, donde se transforma en propionil CoA, para después formarse propionato; y finalmente piruvato a glucosa. La glucosa formada representa una fuente extra de energía, que es utilizada por el animal para promover mayores ganancias diarias de peso con mejores conversiones alimenticias; y por lo tanto mejores rendimientos en canal. En esta investigación a pesar de que los tratamientos no afectaron el peso en canal, pero si el peso de la pechuga y peso de las vísceras, permite postular que, las canales de los pollos de engorda alimentados con Lipofeed ® tuvieron mejor conformación y mejor relación músculo:hueso.

Algunas evidencias de la adición de Lipofeed ® en el alimento en otras especies pecuarias como toros de engorda (20 g d⁻¹), disminuye el consumo de materia seca y mejora la conversión alimenticia en cebas de 120 d (Carrillo-Herrera *et al.*, 2016); sin cambios aparentes en el espesor de la grasa dorsal. En pollos de engorda línea Vencobb-100, la adición a la dieta de 3 mg kg⁻¹ MS de propionato de calcio incrementó peso vivo y ganancia diaria de peso a los 21 d, pero no se observó este efecto a los 42 d de engorda; no obstante, se observó una disminución del consumo de alimento (Paul *et al.*, 2007). Cave (1978) indicó que el ácido propiónico juega un rol en el sistema regulatorio de la saciedad cuando se aplica vía intraperitoneal de este ácido orgánico en pollos con ayuno de alimento de 0.5 a 1.5 h.

De manera general, el análisis de correlación entre variables post mortem (Cuadro 2) evidenció coeficientes de correlación (r_{xy}) altos entre peso vivo (PV) y peso de la canal (PEC). Asimismo, se observó alta correlación entre PEC y peso de la pechuga (PDP). No obstante, no hubo correlación ($P>0.05$) entre PDP y peso de alas (PDA), así como entre PDP y peso de vísceras (PDV).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación (r_{xy}) entre variables de la canal post mortem de pollos en engorda suplementados con tres niveles de Lipofeed ®.

		Prob > r suponiendo H0: Rho=0												
		PV	PSS	PSP	PSPSC	PEC	PSC	PDA	PDPY	PDP	PDC	PDH	PDV	
PV	r_{xy}	1	1	0.60	0.61	0.84	0.77	-0.03	0.66	0.64	0.43	0.46	0.48	
	P		<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	0.86	<.01	<.01	0.20	0.02	0.01	
PSS	r_{xy}		1	0.60	0.61	0.84	0.78	-0.01	0.61	0.65	0.52	0.37	0.51	
	P			<.01	<.01	<.01	<.01	0.97	<.01	<.01	<.01	0.05	<.01	
PSP	r_{xy}			1	1	0.6	0.58	-0.04	0.41	0.56	0.16	0.32	0.17	
	P				<.01	<.01	<.01	0.84	0.05	<.01	0.41	0.08	0.36	
PSPSC	r_{xy}				1	0.58	0.56	-0.05	0.39	0.55	0.13	0.30	0.16	
	P					<.01	<.01	0.79	0.03	0.01	0.48	0.10	0.40	
PEC	r_{xy}					1	0.93	0.17	0.74	0.86	0.56	0.35	0.13	
	P						<.01	0.37	<.01	<.01	0.01	0.06	0.51	
PSC	r_{xy}						1	0.17	0.73	0.8	0.45	0.34	-0.01	
	P							0.37	<.01	<.01	0.01	0.07	0.97	
PDA	r_{xy}							1	0.14	-0.03	0.23	-0.05	-0.21	
	P								0.45	0.89	0.22	0.77	0.26	
PDPY	r_{xy}								1	0.48	0.22	0.22	0.10	
	P									0.01	0.25	0.24	0.56	
PDP	r_{xy}									1	0.39	0.08	-0.12	
	P										0.03	0.68	0.54	
PDC	r_{xy}										1	-0.01	0.21	
	P											0.96	0.26	
PDH	r_{xy}											1	0.37	
	P												0.04	
PDV	r_{xy}												1	
	P													

r_{xy} , coeficiente de correlación entre variables; P , probabilidad de la correlación.

Conclusiones

La inclusión de Lipofeed ® en dietas para pollos en engorda con seis semanas de edad no afectó el rendimiento al sacrificio y las características de la canal de las aves. Se observaron evidencias que, el peso de la pechuga aumentó con la inclusión de Lipofeed ®, y existen tendencias de que hay disminución en el peso de las vísceras

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores agradecen al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, las facilidades en las instalaciones del CEP otorgadas para la realización de la tesis del IAZ. Lino Ezequiel Brito-Ocampo.

Referencias bibliográficas

1. Carrillo-Herrera, J., Murillo-Ortiz, M., Herrera-Torres, E., Carrete-Carreón, F., Reyes-Estrada, O., & Livas-Calderón, F. 2016. Productive performance and carcass characteristics of steers fed with glucogenic precursor. Abanico Veterinario, 6(1), 13-21.
2. Cave, N. A. G. 1978. The influence of non-esterified fatty acids on feeding activity of chicks. Poultry Science, 57, 1124.
3. Paul, S. K., Halder, G., Mondal, M. K., & Samanta, G. 2007. Effect of organic acid salt on the performance and gut health of broiler chicken. The Journal of Poultry Science, 44(4), 389-395.
4. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC. USA: SAS Institute Inc. Pp. 5136. ISBN 1-59047-243-8.
5. Sánchez, P.H., Tracey, L.N., Browne-Silva, J., Lodge-Ivey, S.L. 2014. *Propionibacterium acidipropionici* P169 and glucogenic precursors improve rumen fermentation of low-quality forage in beef cattle. J. Anim.

ALIMENTACIÓN DE GALLINAS CRIOLLAS CON LARVAS VIVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*Hermetia illucens L.*).

Durán-Méndez, Ana E.*¹; Pro-Martínez, Arturo¹; Mendoza-Pedroza, Sergio I.¹; Sosa-Montes, Eliseo³;
Pérez-Panduro, Alejandro²; González-Cerón, Fernando³; Zárate-Contreras, Diego¹

¹Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

²Programa de Fitosanidad-Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

³Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.

*Autor para correspondencia: mvz.elizabethduran1989@gmail.com

Palabras clave: Gallinas criollas, larva, proteína.

Introducción

En la actualidad existe una gran preocupación por el abastecimiento de alimentos de origen animal, la deforestación, el abastecimiento de agua y el reciente crecimiento poblacional a nivel mundial han creado la necesidad de producir proteínas sustentables que no solo cumplan con el perfil nutricional requerido si no que su producción tenga el menor impacto ambiental posible. El huevo, al ser la proteína más consumida y de fácil acceso a nivel mundial implica una mayor producción de insumos para producir alimento para gallinas ponedoras, donde como principal ingrediente es utilizada la pasta de soya; en México, en el 2020, la superficie cosechada de soya fue de 156 mil 979 hectáreas bajo una producción de 246 mil 019 toneladas (INEGI, 2022), sin embargo, para satisfacer el consumo se tienen que realizar grandes importaciones con un valor de alrededor de 2 mil 800 millones de dólares. En la actualidad los productores no solo deben preocuparse por el rendimiento sino también por prevenir los efectos adversos al cambio climático (Pérez y Brambila, 2024). Esta situación nos lleva a buscar opciones sustentables, económicas y de buena calidad que ayuden a sustituir la pasta de soya. En los últimos años las proteínas de insectos han demostrado cumplir con el perfil adecuado para la aplicación en la alimentación animal y humana, países como España, Francia, Suecia, Perú entre otros, han demostrado a través de la investigación con gallinas y pollos que pueden ser una excelente opción. Los insectos pueden cultivarse usando una amplia gama de subproductos de la industria agroalimentaria, lo que serviría como un pilar importante en la economía circular (Star et. al., 2020). Dentro de los insectos más utilizados, destaca la larva de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens L.*), esta ha recibido mucha atención debido a la capacidad de convertir desechos orgánicos en biomasa de alto valor y porque no son vectores de enfermedades, pues su aparato bucal no le permite comer cuando la mosca es adulta. Las larvas succionan el alimento, lo transforman y lo acumulan en forma de proteína (Tahamtani et.al., 2021), se ha demostrado que puede aportar desde 40-70% de Proteína Cruda Y 27.7% Extracto Etéreo. Esto confirma porque la utilización de Larvas de mosca soldado son un ingrediente novedoso que representa una fuente de proteína emergente y relevante para los agricultores, las plantas y comercializadoras de alimentos (Makokha et.al., 2023).

Objetivo

Determinar el consumo de larvas vivas de mosca soldado negra (LVMSN) en gallinas criollas más un complemento de maíz, vitaminas y minerales, así como el monitoreo en el % de postura, peso del huevo y peso de gallinas

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la Unidad Experimental Avícola del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México. Se utilizaron 10 gallinas criollas de 36 semanas de edad, con un peso promedio de 2.029 kg, se otorgaron 16L:8O, fueron colocadas en jaulas individuales con bebederos automáticos y dos comederos de plástico. Durante dos semanas se alimentaron con LVMSN, en un comedero se otorgaron 200g de LVMSN en fase 7 y en el otro 100g de un concentrado hecho a base maíz, vitaminas y minerales similar a lo realizado por Tahamtani et. al., (2021). Diariamente se monitoreo el consumo de LVMSN, la postura y el peso del huevo.

Resultados y discusión

Para esta investigación se utilizó un análisis exploratorio para la determinación del consumo de LVMSN mas el concentrado de maíz, vitaminas y minerales (Cuadro 1)

Cuadro 1. Consumo diario de Larvas Vivas de Mosca Soldado Negra por semana

LVMSN	200g	200 g						
DIA	1	2	3	4	5	6	7	PROMEDIO
SEM 1	193.2	187.1	179.4	180.6	177.1	182.5	176	182.27
SEM 2	184	184	179.4	193.5	177.9	201.5	178.9	185.60

Promedio del consumo diario de LVMSN por día ofrecida a gallinas criollas.

Cuadro 2. Promedio de variables evaluadas

Semana	Peso gallinas (kg)	Consumo LVMSN (g)	Consumo concentrado (g)	% Postura	Peso de huevo (g)
1	2.029	182.27	261	74.29	39.36
2	2.042	185.60	217	78.57	40.86
Promedio	2.03	183.93	239	76.46	40.11

El consumo medio de LVMSN fue de 183.93g gallina/día y de concentrado 239 g gallina/semana. Las gallinas mostraron afinidad por las larvas vivas, consumiendo hasta 300g gallina/día en algunos casos, no se observó rechazo o miedo de larvas vivas. El consumo de LVMSN no afectó la producción de huevo ni la salud de las gallinas. No se encontraron residuos de larvas en las heces ni en el comedero que contenía larvas. El peso promedio del huevo fue de 40.11g. El porcentaje de postura fue 77.85%, se observó un aumento de peso en el huevo en especial en huevos de gallinas que consumieron más de 200g, también se observó un ligero incremento de peso de las gallinas.

Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos, se concluye que el uso de LVMSN más un complemento de vitaminas y minerales puede ser una opción viable para la alimentación de gallinas criollas por su alto valor nutricional y por el estímulo natural de consumo de insectos por parte de las gallinas. Es necesario seguir realizando investigación para determinar una cantidad adecuada que cubra el requerimiento de las gallinas.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por el financiamiento de la presente investigación.

Este estudio, es parte de la línea prioritaria de investigación Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería Del Colegio de Posgraduados Campus Montecillos.

Referencias bibliográficas

1. INIFAP. Variedades de soya para el trópico de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 20 de junio de 2022. [Variedades de soya para el trópico de México | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](https://www.gob.mx/instituto_nacional_de_investigaciones_forestales_agr%C3%ADcolas_y_pecuarias_gobierno_gob_mx/variedades_de_soya_para_el_tr%C3%B3pico_de_m%C3%A9jico)
2. Makokha P.M., Muliro S.P., Ngoda N.P., Ghemoh C.J., Xavier C., Tanga C.M. 2023. Nutritional quality of meat from hen fed diet with full-fat black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae ,meal as a substitute to fish meal. Journal of Functional Foods 101. /2023) 105 430. Contents lists available at ScienceDirect Journal of Functional Foods journal homepage: www.elsevier.com/locate/jff <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105430>
3. Pérez C.V., Brambila P.J.J. 2024. Bioeconomía y Alimentación: El caso del huevo en México. 1°Edición. Editorial del Colegio de Posgraduados. Biblioteca Básica de Agricultura.
4. Star L., Arsiwalla T., Molist F., Leushuis R., Dalim M., Paul A. 2020. Gradual Provision of Live Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae to older Layings Hens: Effect on Production Performance, Egg Quality, Feather Condition and Behavior. MDPI. *Animals* 2020, 10, 216; doi:10.3390/ani10020216
5. Tahamtani F. M., Ivarsson E., Wiklicky V., Lalander C., Wall H., Rodenburg T.B., Tuyttens A.M.F., Hernández C. (2021). Feeding live Black Soldier Fly larvae (*Hermetia illucens*) to laying hens: effects on feed consumption, hen health, hen behavior, and egg quality. Elsevier Inc.on behalf of Poultry Sciense Association Inc. [Feeding live Black Soldier Fly larvae \(*Hermetia illucens*\) to laying hens: effects on feed consumption, hen health, hen behavior, and egg quality - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34084200/)

EFECTO DE LA FUENTE DE SUSTANCIAS HÚMICAS DE LOMBRICOMPOSTA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y MICROBIOMA INTESTINAL EN POLLOS DE ENGORDA.

María de Lourdes Angeles¹, Sergio Gómez Rosales^{1*}, José Martín Ruvalcaba Gómez²

CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP. CNRG-INIFAP

*Autor para correspondencia: gomez.sergio@inifap.gob.mx

Palabras clave: Pollos, sustancias húmicas, productividad, microbioma.

Introducción

Las sustancias húmicas (SH) provenientes de lombricomposta se han evaluado como promotoras del crecimiento en aves (Domínguez-Negrete et al., 2021; Angeles et al., 2022) con resultados promisorios. Se ha sugerido que, dentro del tracto digestivo, las SH estimulan la microbiota benéfica, mientras que suprimen las bacterias potencialmente patógenas, lo que ocasiona la estabilidad de la flora intestinal asegurando una mejor utilización de los nutrientes (Angeles et al., 2022). Sin embargo, los resultados de microbiología intestinal basados en técnicas de cultivo han sido muy variables en pollos adicionados con SH (Domínguez-Negrete et al., 2021), y hasta ahora no se han cuenta con estudios sobre cambios en el microbioma intestinal provocados por la adición de SH en pollos y su asociación con la productividad. En estudio reciente en donde se adicionó SH en pavas jóvenes y se tomó muestras del contenido del ciego, se encontró al nivel de fila un aumento en Firmicutes y reducción de Proteobacteria; una reducción similar se observó a nivel de géneros bacterianos y ASV (variantes de secuencia de amplicones) en los géneros *Escherichia/Shigella*, lo que significó mayor abundancia relativa de bacterias enriquecidas diferencialmente, con aumento significativo en el número de bacterias benéficas (Liu et al., 2024). Los aumentos de bacterias benéficas en el ciego de las pavas adicionadas con SH se asociaron con mejoras en la integridad intestinal (histología y permeabilidad) y respuesta inmune celular (Liu et al., 2024).

Objetivo

Evaluar variables productivas y el microbioma de la mucosa del yeyuno en pollos de engorda adicionados con diferentes fuentes de SH de lombricomposta.

Materiales y métodos

Se usaron 400 pollos Ross 308 de uno a 42 días de vida, alojados en grupos de 25 en corrales de piso. Se usaron cuatro tratamientos: 1) Alimento adicionado con un antibiótico promotor del crecimiento y un coccidiostato (APC); 2) Alimento sin antibióticos adicionado con 0.50% de un extracto deshidratado de SH (SH1); 3) Alimento sin aditivos y 25% de lixiviado de lombricomposta en el agua de bebida (SH2); 4) Alimento sin aditivos y 25% de extracto líquido de lombricomposta en el agua de bebida (SH3). Las diferentes fuentes de SH se obtuvieron de una lombricomposta preparada con estiércol de cerdo y de borrego. La lombricomposta se regó cada tres días y el líquido escurrido (lixiviado de lombricomposta) se recogió, se filtró, se guardó en recipientes de plástico y almacenó en un cuarto oscuro. Después de cosechar el humus de lombriz, las SH se extrajeron usando una solución alcalina (extracto líquido de lombricomposta) preparada con NaOH y agua. Una parte del extracto líquido fue deshidratado (extracto deshidratado) durante una semana en el interior de un invernadero, secado en estufa de aire forzado a 55 °C y molido con criba de 1 mm previo a adicionarlo a los alimentos. Se obtuvo el peso corporal en los días 1, 14, 28 y 42 de edad para estimar la ganancia de peso. Se registró el alimento ofrecido y rechazado para estimar el consumo de alimento, y la conversión alimenticia. También se llevó relación de los pollos muertos para calcular la mortalidad. A los 38 días se sacrificaron tres pollos por corral y se obtuvo un raspado de la mucosa del yeyuno para análisis de microbioma, mezclando las muestras de los tres pollos para obtener una repetición por corral. Los resultados de productividad y mortalidad se sometieron a análisis de varianza. Para el análisis de microbioma, la calidad de las secuencias se evaluó mediante la herramienta Trimmomatic, incluido el recorte y eliminación de regiones de baja calidad. La visualización de secuencias se realizó utilizando la herramienta MultiQC. Las secuencias químéricas y de baja calidad se eliminaron utilizando el módulo DADA2, mientras que la asignación taxonómica se realizó utilizando como referencia la base de datos SILVA v-132 (99% de similitud de secuencias) a través del nf-core ampliseq pipeline v2.3.2. Las características observadas, la uniformidad, los índices Faith y Shannon, como medidas de diversidad Alfa, se calcularon mediante el módulo QIIME2; la diversidad Beta se estimó utilizando el método "UniFrac

ponderado” a través de las distancias en función de la abundancia de muestras ASV. También se realizó una predicción funcional de comunidades bacterianas en la fuente nf-core ampliconseq, a través de PICRUSt2, basada en lecturas filtradas de QIIME2. Los marcadores de abundancia relativa de los principales ASV observados a nivel de género en muestras del yeyuno se utilizaron para la comparación por pares mediante la prueba de Krustal-Wallis ($P<0.05$), así como para calcular los puntajes de correlación de Pearson, utilizando el paquete estadístico SPSS. Las parcelas se generaron utilizando el software Origin v.2022.

Resultados y discusión

El peso final (APC= 2.597, SH1= 2.522, SH2= 2.541 y SH3= 2.265 kg; EEM=60.415), ganancia de peso (APC= 62.6, SH1= 59.1, SH2= 59.5 y SH3= 52.7 g/día; EEM=1.542) y consumo de alimento (APC= 97.7, SH1= 94.0, SH2= 93.5 y SH3= 83.8 g/día; EEM=2.363) fueron menores ($P<0.05$) con SH3, respecto al resto de los tratamientos. En estudios previos también se ha observado que los pollos adicionados con SH presentan productividad similar o superior a los pollos adicionados con antibióticos (Domínguez-Negrete et al., 2021; Angeles et al., 2022). Entre APC, SH1 y SH2 no hubo diferencias. La mortalidad (6.0, 4.75, 5.0 y 2.9%; EEM=0.763) fue menor ($P < 0.01$) con SH3; este resultado coincide con un reporte previo (Domínguez-Negrete et al., 2022). No se observaron diferencias significativas ($P<0.05$) en la diversidad Alfa de las muestras, considerando las características observadas, índices de uniformidad, Faith y Shannon, según la prueba de Krustal-Wallis; no obstante, se observaron diferencias significativas entre tratamientos para grupos seleccionados de microorganismos ($P<0.05$). El filo predominante fue Firmicutes, independientemente del grupo, y alcanzó hasta a 98% de la abundancia relativa total en comunidades bacterianas y, numéricamente, exhibieron valores de abundancia relativa más altos en los tratamientos SH1, SH2 y SH3 en comparación con el grupo APC. Este resultado coincide con hallazgos similares en pavas adicionadas con SH (Maguey-González et al., 2024). Se observaron diferencias estadísticas sólo para el filo Actinobacterota ($P<0.05$), que se redujo en el grupo SH1 respecto a APC (0.2 vs 1.8, respectivamente); así como para el filo Campylobacterota que fue mayor ($P<0.05$) con APC en comparación con SH3 (13.7 y 0.1, respectivamente). A nivel de familias, se observaron cambios ($P<0.05$) en la abundancia relativa en SH1 con respecto a APC, como Lactobacillaceae (91.99 y 53.18, respectivamente), Corynebacteriaceae (0.13 y 1.16, respectivamente) y Staphylococcaceae (0.12 y 1.59, respectivamente); y también se observaron cambios ($P<0.01$) en la abundancia relativa entre SH1 y APC en Peptostreptococcaceae (0.06 y 18.85, respectivamente), Aerococcaceae (0.02 y 1.42, respectivamente). Al nivel de género, se observó que la abundancia relativa de Ligilactobacillus aumentó en el grupo SH1 en comparación con el grupo control sin suplemento (33.88 frente y 13.52; $P<0.05$). El género Ligilactobacillus se derivó de una reclasificación del género Lactobacillus basada en estudios de secuencias del genoma completo (Parente et al., 2022; Zheng et al., 2020). Otros géneros bacterianos exhibieron abundancias relativas más bajas en SH1 en comparación con APC, incluyendo Corynebacterium (0.13 vs 1.16; $P<0.05$), Staphylococcus (0.10 vs 0.92; $P<0.05$), Aerococcus (0.02 vs 0.70; $P<0.01$), Brachybacterium (0.00 vs 0.45; $P<0.05$), Jeotgalicoccus (0.03 vs 0.59; $P<0.05$), Peptostreptococcales (0.00 vs 18.74; $P<0.01$) y Facklamia (0.00 vs 0.47; $P<0.01$). El grupo SH3 también mostró ligeras diferencias a nivel de género en comparación con APC, incluido el género Limosilactobacillus (4.55 vs 0.78; $P<0.05$). El género Limosilactobacillus se derivó también de la reclasificación reciente del género Lactobacillus (Parente et al., 2022; Zheng et al., 2020). El grupo SH2 solo mostró diferencias en la abundancia relativa de Lactobacillaceae-HT002 en comparación con APC (18.93 vs 2.66; $P<0.05$). Los resultados sugieren que la adición de SH de lombricomposta aumentó la abundancia de bacterias benéficas como son los Firmicutes y géneros de bacterias benéficas productoras de ácido láctico como son los géneros Ligilactobacillus (SH1), Limosilactobacillus (SH2) y Lactobacillaceae (SH3) comparados con el grupo que recibió antibióticos. Esto concuerda con resultados anteriores, en donde se recurrió a técnicas de cultivo tradicionales, observándose aumento de Lactobacilos en el intestino de pollos (Domínguez-Negrete et al., 2019; Domínguez-Negrete et al., 2021) y aumento de Firmicutes y bacterias benéficas productoras de ácido butírico en el ciego de pavas (Liu et al., 2024).

Conclusiones

La productividad de los pollos que recibieron un extracto deshidratado de SH en el alimento y lixiviado de lombricomposta en el agua de bebida fue similar a la de los pollos que recibieron antibiótico y coccidiostato. Las principales diferencias que se observaron en la microbiota fue el aumento en el filo Firmicutes y diferentes géneros de Lactobacilos en los pollos adicionados con SH en comparación con APC.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el CONACYT a través del proyecto PDCPN 2017_4777.

Referencias bibliográficas

1. Angeles ML, Gómez-Rosales S, Téllez-Isaias G. (2022) Mechanisms of Action of Humic Substances as Growth Promoters in Animals. En: Makan Abdelhadi. Humus and Substances - Recent Advances. 1^a ed. Pp 1-24. <https://DOI.org:10.5772/intechopen.105956>
2. Domínguez-Negrete, A.; Gómez-Rosales, S.; Angeles, M.d.L.; López-Hernández, L.H.; Reis de Souza, T.C.; Latorre-Cárdenas, J.D.; Téllez-Isaias, G. (2021) Addition of Different Levels of Humic Substances Extracted from Worm Compost in Broiler Feeds. *Animals* 11;3199.
 - a. <https://doi.org/10.3390/ani11113199>
3. Liu, J.; Zhang, G.; Latorre, J.D.; Hernández-Ramírez, J.O.; de Jesús Nava-Ramírez, M. Senas-Cuesta, R.; Gómez-Rosales, S.; de Lourdes Ángeles, M.; Stein, A.; et al. Assessment of the Impact of Humic Acids on Intestinal Microbiota, Gut Integrity, Ileum Morphometry, and Cellular Immunity of Turkey Poult Fed an Aflatoxin B1-Contaminated Diet. *Toxins*, 16;122. <https://doi.org/10.3390/toxins16030122>
4. Parente E, Zotta T, Giavalisco M, Ricciardi A. (2023) Metataxonomic insights in the distribution of Lactobacillaceae in foods and food environments. *International Journal of Food Microbiology* 16;391-393:110124. <https://doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110124>
5. Zheng J, Wittouck S, Salvetti E, Franz CMAP, Harris HMB, Mattarelli P, O'Toole PW, Pot B, Vandamme P, Walter J, Watanabe K, Wuyts S, Felis GE, Gänzle MG, Lebeer S. (2020) A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of Lactobacillaceae and Leuconostocaceae. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 70(4):2782-2858. <https://doi:10.1099/ijsem.0.004107>

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DEL PH Y COLOR DE LA CARNE DE CABRITOS LACTANTES SUPLEMENTADOS CON ACEITE DE ORÉGANO MEXICANO.

Jocelyn Cyan López-Puga^{1*}, Jorge R. Kawas-Garza², Daniela Saraí Rico-Costilla¹, Gustavo Sobrevilla-Hernández³, Sugey Ramona Sinagawa-García² y Gerardo Méndez-Zamora²

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Avenida Francisco Villa S/N, Colonia Ex-Hacienda El Canadá, General Escobedo, CP 66050, Nuevo León, México.

² Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Avenida Francisco Villa S/N, Colonia Ex-Hacienda El Canadá, General Escobedo, CP 66050, Nuevo León, México.

³ Investigación y Desarrollo, MNA de México S.A. de C.V., Carretera Huinalá-Villa Juárez No. 5960, Juárez, CP 67250 N.L. México

*Autor para correspondencia: jocelyncyan@hotmail.com; jocelyn.lopez.pq@uanl.edu.mx

Palabras clave: Alpino frances, cabrito, calidad de carne.

Introducción

En México, la venta de leche de cabra, en conjunto con la producción de cabrito como subproducto, es uno de los principales sistemas de producción (Lu y Miller, 2019). El cabrito lactante es criado hasta los 10 ± 2 kg y después, es vendido para consumo de carne (Lu y Miller, 2019). La lactancia artificial está íntimamente ligada a la intensificación y especialización en la producción de leche (De Palo et al., 2015). El uso de sustitutos lácteos es efectivo como método de alimentación para mejorar el equilibrio económico de la producción, además de la prevención de enfermedades transmitidas por el consumo de leche materna infectada (De Palo et al., 2015). Para lograr objetivos productivos son utilizados aditivos alimenticios como los ionóforos. La reducción en el uso de antibióticos como aditivos ha motivado el interés en buscar alternativas naturales. Los aceites esenciales han demostrado ser una alternativa prometedora. El orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) es una planta cuyo aceite esencial (AEO) posee cualidades antifúngicas y antimicrobianas debido a sus componentes como timol, carvacrol y *p*-cimeno (Barky et al., 2015). Cabritos nacidos de cabras suplementadas con aceites esenciales de tomillo, canela y menta aumentaron el peso al destete (El-Din et al., 2021). El AEO podría mostrar un comportamiento similar; sin embargo, no ha sido evaluado su efecto en el crecimiento o salud del cabrito lactante. El rumen de los cabritos no es funcional debido al poco desarrollo de las papilas ruminantes, por lo tanto, la leche succionada ingresa al abomaso (Li et al., 2019) y continua el proceso de digestión similar a un no rumiante. Por este motivo, podría encontrarse efectos similares del AEO a los encontrados en no rumiantes. No hay evidencia del efecto del AEO en la calidad de la carne de cabritos lactantes, por lo que, este trabajo evaluó el efecto del aceite de orégano

Objetivo

Evaluar la correlación del pH de la carne de cabritos alimentados durante 21 días con diferentes dosis de aceite de orégano suplementadas en el sustituto lácteo sobre las variables de capacidad de retención de agua y colorimetría de la carne de cabritos Alpino Francés.

Materiales y métodos

Diseño experimental

18 cabritos Alpino Francés de dos semanas de edad con un peso promedio de 4.99 ± 0.55 kg fueron utilizados en este experimento. Los cabritos fueron alimentados con un sustituto lácteo (LactoPlex® 24:20, MNA de México S.A. de C.V.) acoplado a los requerimientos nutricionales para cabritos en crecimiento: 24 % de proteína cruda, 20% de grasa, 0.9% de fibra cruda, 5% de humedad, 7% de cenizas y 43.1 de extracto libre de nitrógeno (NRC, 2007). Los cabritos fueron asignados en tres corrales de 2.00 m largo x 2.40 m ancho x 2.00 m alto, equipados con bebedero y aserrín como material de cama. Se asignaron bajo un diseño de bloques completos al azar (6 cabritos/Bloque = 1 cabrito de cada tratamiento/ bloque). El sustituto lácteo (200 g de sólidos totales (ST)/L) fue preparado media hora antes de comenzar la alimentación dos veces al día a las 8 am y 4 pm, cuidando la temperatura del sustituto lácteo a 37°C. Los tratamientos consistieron en: CON: sustituto lácteo medicado (20 mg oxitetraciclina y 40 mg neomicina/200 g ST), 12AEO: sustituto lácteo + 12 mg AEO/200 g ST y 24AEO: sustituto lácteo + 24 mg AEO/200 g ST. Una mezcla fue realizada con Tween 80 y AEO (Tabla 2) en proporción 1:1. Después, esta mezcla fue pesada

y racionada en viales de micro centrifugación no estériles (Eppendorf, Oldemburgo, Alemania) con la dosis diaria a utilizar. Los tratamientos fueron agregados en el sustituto al momento de la preparación, utilizando una micropipeta Mline (Sartorius, Gotinga, Alemania) y realizando tres lavados al vial utilizado para evitar dejar residuos de AEO. La composición del AEO utilizado fue de 65.20% carvacrol, 10.99 p-Cymeno, 10.26% timol y el resto otros compuestos menores. Cada cabrito fue alimentado individualmente utilizando una botella comercial de 2 L con una mamila suave de silicona para lactancia artificial de rumiantes (Hffheer). El tratamiento medicado, fue sustituido por sustituto lácteo sin AEO o antibiótico 5 d antes del sacrificio, para cumplir con el tiempo de retiro para el consumo de las canales. El sacrificio de los cabritos fue llevado a cabo el día 22, siguiendo las especificaciones de la NOM-033-SAG/ZOO-2014.

Análisis fisicoquímico del músculo Longissimus lumborum

Una muestra del músculo Longissimus lumborum fue tomada del lado derecho de la canal entre la costilla 7° a 12°, la cual fue utilizada para determinar el pH, color y capacidad de retención de agua. Una vez terminados estos análisis, este trozo de carne fue guardado para realizar el análisis químico proximal del músculo. Los valores de pH fueron determinados utilizando un potenciómetro para carne HANNA (HI99163, Woonsocket RI, USA). Los valores de color fueron medidos utilizando un colorímetro CR-400 (Konica Minolta®; Tokyo, Japón); CIE Standard Illuminant/Observer: D65/10). Las variables de color determinadas fueron: luminosidad (L^*), tendencia al color rojo (a^*); amarillo (b^*); índice de saturación (Chroma); y ángulo Hue o tonalidad (Hue). La CRA fue medida utilizando el método de compresión propuesto por Tsai y Ockerman (1981). Una muestra de carne de 300 ± 0.5 mg fue pesada; colocada entre dos papeles filtro, y éstos entre dos placas de acrílico, aplicando una fuerza de 4.0 kg durante 20 min. El peso inicial y final de las muestras fueron registrados para estimar la CRA ($CRA = 100 - ([peso inicial-peso final] / peso inicial) \times 100$).

Análisis estadístico

Para las medidas de asociación de dos conjuntos de datos, fueron realizadas las estimaciones de correlación y covarianza, como variable independiente (X) el pH y como variables dependientes (Y): Capacidad de retención de agua, L^* , a^* y b^* . Lo anterior, para comprobar si $Y = f(X_i)$, donde $Y =$ capacidad de retención de agua; y $X_i =$ pH de la carne. Los análisis fueron realizados para cada tratamiento.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 son mostrados los resultados del análisis de correlación y covarianza del pH con la capacidad de retención de agua y color de la carne de cabritos alimentados durante 21 d con AEO en el sustituto lácteo. Fue encontrada correlación fuerte positiva sobre AEO12 en la luminosidad, donde se observa que el pH de AEO12 influyó para encontrar mayor L^* a mayor pH. También fue encontrada correlación fuerte positiva en AEO24, donde a mayor pH, mayor CRA. Otros estudios no han evaluado el efecto de correlación de tratamientos con AEO en la dieta de caprinos lactantes, sobre el pH y las características de calidad de la carne. Estos resultados son importantes para explicar resultados encontrados en un análisis convencional mediante el modelo lineal general con la prueba ANOVA.

Cuadro 1. Análisis de correlación y covarianza del pH con la capacidad de retención de agua y color de la carne de cabritos alimentados durante 21 d con aceite esencial de orégano en el sustituto lácteo.

Tratamiento/Variable ¹	Media	EEM	Parámetros ²		
			R _{xy}	P-Value	S _{xy}
CON					
CRA	70.94	1.29	-0.010	0.986	-0.004
L^*	50.35	0.65	0.178	0.736	0.042
a^*	19.26	0.29	0.561	0.247	0.059
b^*	5.24	0.31	0.455	0.364	0.051
AEO12					
CRA	73.26	1.34	0.617	0.192	0.453
L^*	49.98	0.73	0.929	0.007	0.370
a^*	20.23	0.34	-0.735	0.096	-0.138
b^*	6.07	0.16	-0.338	0.512	-0.030

AEO24

CRA	74.19	2.33	0.964	0.008	1.273
L*	48.26	1.18	0.153	0.806	0.102
a*	20.58	0.44	0.126	0.840	0.031
b*	5.63	0.18	0.470	0.425	0.049

¹CON: sustituto lácteo medicado (20 mg oxitetraciclina y 40 mg neomicina/200 g ST); 12AEO: sustituto lácteo + 12 mg AEO/200 g ST; 24AEO: sustituto lácteo + 24 mg AEO/200 g; EEM: error estándar de la media; P-Value: prueba de hipótesis realizada al 95% de confiabilidad ($P \leq 0.05$); CRA: capacidad de retención de agua; L*: luminosidad; a*: color rojo; b*: amarillo.

²Rxy: Coeficiente de correlación entre X y Y; Sxy: Covarianza de X y Y dividida entre n. ¹pH: potencial de hidrógeno

Conclusiones

El pH influyó sobre la capacidad de retención de agua y colorímetria de la carne en los diferentes tratamientos, por lo que AEO provoca cambios que influyen en las características fisicoquímicas de la carne.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa MNA de México S.A. de C.V. por la asesoría brindada y a la Producción Agrícola la Gloria al proveer a los animales.

Fuente financiadora

MNA de México S.A. de C.V. y UANL.

Referencias bibliográficas:

1. Lu, C.D. y Miller, B.A. (2019). Special Issue: Current status, challenges and prospects for dairy goat production in the Americas. Asian-Australian Journal of Animal Sciences. 32 (8), 1244-1255.
2. De Palo, P., Maggiolini, A., Centoducati, N. y Tateo, A. (2015). Effects of different milk replacers on carcass traits, meat quality, meat color and fatty acids profile of dairy goat kids. Small Ruminant Research, 131, 6–11.
3. El-Din, K., El-Azark M., Morsy, A. S., Soltan, Y. A., Hashem, N. M. y Sallam, S. M. A. (2021). Impact of specific essential oils blend on milk production, serum parameters and kid performance of goats. Animal Biotechnology, 1–9.
4. Bakry, A. M., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., Abouelwafa, M. Y., Mousa, A. y Liang, L. (2015). Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food, 15, 143-182.
5. Li, B., Zhang, K., Li, C., Wang, X., Chen, Y. y Yang, Y. (2019). Characterization and Comparison of Microbiota in the Gastrointestinal Tracts of the Goat (*Capra hircus*) During Preweaning Development. Frontiers in Microbiology, 10.

8

Salud animal, diagnóstico, control y epidemiología



“GARRAPATA” / Uriel Mauricio Valdez Espinoza



LIX REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA

EFECTO TÓXICO DE RESIDUOS DE IVERMECTINA Y MOXIDECTINA EN HECES DE BOVINO SOBRE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA.

Ana Laura Jiménez Esparza¹, Gloria Aydeth Díaz Martínez¹, José de Jesús Hernández Rangel¹, Jorge Alejandro Torres González¹, María Carolina de Luna López^{1*}

¹Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes

*Autor para correspondencia: carolina.deluna@edu.uaa.mx

Palabras clave: Ivermectina, organismos coprófagos, impacto ambiental.

Introducción

El manejo de los fármacos antiparasitarios ha jugado un papel importante en el control parasitario de los animales domésticos. Uno de los fármacos que causó gran impacto en la medicina veterinaria, fue la aparición de las primeras avermectinas, ya que estas por su amplio espectro actúan contra endoparásitos y ectoparásitos. Siendo conocidos a su vez junto con la familia de las milbemicinas como fármacos endectocidas puesto que, estos poseen efectos nematicidas, insecticidas y acaricidas. En ganado bovino el uso de estos fármacos antiparasitarios es fundamental para el manejo y control de los parásitos dado que esto podría ocasionar enfermedades parasitarias, siendo así, motivo de pérdida en la producción tanto de ganancia de peso como en la producción de leche del animal, por lo tanto, sería una pérdida económica significativa para el productor. Sin embargo, el uso de estos fármacos endectocidas en un sistema de producción extensivo de bovinos se ha demostrado que ocasiona efectos negativos en la fauna benéfica para los pastizales, sobre todo en los organismos coprófagos. Las lactonas macrocíclicas son los antiparasitarios de mayor uso en bovinos, por su alta efectividad contra nemátodos y artrópodos, siendo el más común y usado la ivermectina, perteneciente a la familia de las avermectinas. Sin embargo, se sabe que estos antiparasitarios se eliminan en mayor cantidad por vía fecal, ocasionando efectos adversos sobre los organismos coprófagos asociados al estiércol de los pastizales. Se le atribuye la relación de los efectos adversos sobre esta fauna principalmente a las avermectinas y se han documentado daños en animales invertebrados como escarabajos y dípteros coprófagos, lombrices de tierra, colémbolos, ácaros y nematodos de vida libre (Lumaret y Martínez, 2005). Los organismos coprófagos son de suma importancia en el ecosistema, ya que estos son benéficos para el control de plagas. Así mismo, ayudan a la degradación de las heces y extracción de nutrientes, favoreciendo de este modo el crecimiento de pasto. Las lombrices juegan un papel fundamental como recurso en la sostenibilidad de la agricultura ya que son potencialmente benéficas en el suelo puesto que mediante la degradación de materia orgánica favorecen el crecimiento de las plantas (Gabriel *et al.*, 2011).

Objetivo

Conocer el efecto tóxico de los residuos de la ivermectina y moxidectina en heces de bovino sobre la lombriz Roja Californiana.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, ubicada en el municipio de Jesús María, Aguascalientes. Para el experimento, se usaron lombrices Roja Californiana, las cuales fueron depositadas en cajas (20 lombrices por caja) con sustrato de turba como cama; con una humedad de cama de 65.69 % ±1 se mantuvo durante toda la fase experimental

Las camas de las lombrices consistieron en cajas (en total 22 cajas) a las que se les puso sustrato de turba hasta tres cuartas partes de su capacidad, en las que se mantuvo la humedad y se colocaron 20 lombrices Roja Californiana por caja. Se recolectaron heces de bovino (directamente del recto) con residuos de ivermectina y moxidectina (ambos al 1%, dosis de 0.2 mg/kg vía SC) a diferentes días postdesparasitación (pd) y con diferente porcentaje de eliminación de los desparasitantes (los primeros días con mayor porcentaje de eliminación). Las heces se usaron para formar los grupos de tratamientos que fueron los siguientes: 1) Grupo control, 6 cajas con heces de bovino sin residuos de fármacos, 2) Grupo ivermectina, heces con residuos (3, 6, 14 y 21 días pd; cada uno con repetición, en total 8 cajas) y 3) Grupo moxidectina heces con residuos (3, 6, 14 y 21 días pd; cada uno con repetición, en total 8 cajas).

Una vez formados los tratamientos, las cajas se ubicaron en un lugar cerrado con una temperatura controlada que no excediera los 25°C. Por observación, se registraron datos de mortalidad, motilidad, alteraciones físicas y reproducción; la observación se realizó cada 3 días hasta el día 27.

Para el análisis estadístico se empleó el Posit cloud (Friction free data science) para realizar comparación de medias con el test de Fisher de mortalidad, motilidad, alteraciones físicas y reproducción de los grupos control, ivermectina y moxidectina. Adicionalmente, se realizó análisis de varianza y prueba de separación de medias de Fisher DMS ($\alpha \leq 0.05$) para las diferencias significativas.

Resultados y Discusión

El resultado de mortalidad en cada uno de los tratamientos fue de 91% en grupo ivermectina, 50% en grupo moxidectina y 0% en grupo control. Rodríguez-Vivas et al. (2019) no observaron mortalidad en el escarabajo pelotero neotropical expuestos a heces de bovinos desparasitados con moxidectina al 1% y al 10%. Aunque en el grupo ivermectina hubo mayor porcentaje de mortalidad comparado con el grupo moxidectina, la mortalidad en este último grupo pudo haberse presentado debido a un mayor porcentaje de eliminación vía fecal en los días 3 y 6 pd o también puede atribuirse a que, tanto la lombriz Roja Californiana y el escarabajo pelotero, son coprófagos y presentan diferencias morfológicas que les confiere resistencia a la moxidectina.

En cuanto a la motilidad, en el grupo ivermectina el 50% presentaron motilidad nula, comparado con el grupo moxidectina (0% de motilidad nula) y el grupo control (100% con motilidad normal). Verdú et al. (2015) sugieren que la ingestión de ivermectina por escarabajos peloteros puede inducir disminución de la fuerza de contracción, ataxia y muerte. Lo anterior coincide con lo observado en este estudio, donde las lombrices del grupo ivermectina presentaron un alto porcentaje presentaron motilidad nula y comparado con el grupo moxidectina en donde se observó una menor toxicidad sobre la motilidad, a pesar de que los escarabajos son diferente especie que las lombrices, pero cuyo hábitat es similar.

En cuanto al efecto sobre la reproducción se observó que en el grupo ivermectina se inhibió dicha función en las lombrices en un 100% en todas las cajas (heces recolectadas en los 3, 6, 14 y 21 dp) ya que no se observó ni ovoposición ni organismos nuevos que incrementaran la población; en contraste, el grupo moxidectina se presentó un incremento de la población, sugiriendo que la moxidectina no produjo efectos tóxicos sobre la reproducción. Al respecto, un estudio reportó que la moxidectina (0.2 mg/kg) no tuvo efectos tóxicos sobre la fecundidad y tasa de emergencia en escarabajos coprófagos, mientras que la ivermectina sí afectó negativamente dichas variables (Fincher y Wang, 1992). En el grupo ivermectina, el 100% de las lombrices se observaron con decoloración y en el grupo moxidectina, el 80% de las lombrices se observaron con una coloración ligeramente oscurecida.

Finalmente, se observó una mayor toxicidad de residuos de ivermectina sobre lombriz Roja Californiana comparado con los residuos de moxidectina. Lumaret y Martínez (2005) mencionan que, al comparar los efectos antiparasitarios de moxidectina e ivermectina, la moxidectina presenta mayor eficiencia contra nemátodos incluso contra parásitos resistentes a la ivermectina.

Conclusiones

En este estudio, la ivermectina presentó mayor cantidad e intensidad de efectos tóxicos sobre la mortalidad, motilidad, coloración y reproducción de la lombriz Roja Californiana comparados con los de moxidectina. El uso indiscriminado de la ivermectina como desparasitante puede producir efectos negativos al medio ambiente y se recomienda considerar el uso de moxidectina como desparasitante de amplio espectro, además de que parece ser una opción amigable con el medio ambiente debido a su menor impacto negativo sobre organismos coprófagos.

Referencias bibliográficas

1. Fincher GT, Wang GT. (1992). Injectable moxidectin for cattle: effects on two species of dung-burying beetles. *Southwestern Entomologist*, 17(4):303-306
2. Gabriel P, Loza-Murguía M, Mamani F, Sainz H. (2011). Efecto de la dombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2(2):24-39. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361333624004>
3. Lumaret JP, Martínez MI. (2005). El impacto de productos veterinarios sobre insectos coprófagos: consecuencias sobre la degradación del estiércol en pastizales. *Acta zoológica mexicana*, 21(3), 137-148. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372005000300007&lng=es&tlang=es
4. Rodríguez-Vivas RI, Basto-Estrella GS, Reyes-Novelo E, Arcila-Fuentes W, Ojeda-Chi M, Trinidad-Martínez I, Martínez MI. (2019). Sub-lethal effects of moxidectin on the Neotropical dung beetle *Onthophagus landolti* Harold (Coleoptera: Scarabaeinae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1): 239–242. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.01.005>
5. Verdú JR, Cortez V, Ortiz AJ, González-Rodríguez E, Martínez-Pinna J, Lumaret JP, Lobo JM, Numa C, Sánchez-Piñero F. (2015). Low doses of ivermectin cause sensory and locomotor disorders in dung beetles. *Scientific Reports*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep13912>

EVALUACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DE PCR PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA FIEBRE Q EN LOS RUMIANTES.

José Luis Gutiérrez-Hernández ^{1*}, Erika Gabriela Palomares-Resendiz ¹, Marcia Ixchel Guzman-Ojeda ², Rigoberto Hernández-Castro ³, Enrique Herrera-López ¹.

¹ CENID SAI, INIFAP, ² Universidad Mesoamericana, ³ Hospital General Manuel Gea González

*Autor para correspondencia: gutierrez.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fiebre Q, rumiantes, diagnóstico

Introducción

La Fiebre Q es una enfermedad zoonótica de distribución mundial causada por la bacteria *Coxiella burnetii*, sus reservorios comunes son el ganado bovino, ovino y caprino. Las garrapatas y otros artrópodos son transmisores del microorganismo a través de mordeduras hacia los animales, estos ectoparásitos también albergan a bacterias similares a *Coxiella (Coxiella-like)*, microorganismos estrechamente relacionadas, pero genéticamente distintos de *C. burnetii*, considerándoles simbiontes que contribuyen a la biosíntesis de vitaminas utilizadas por sus hospederos. En la actualidad, se utilizan numerosos métodos para el diagnóstico de la Fiebre Q, aunque el aislamiento del agente causal mediante cultivo celular es considerado la prueba de oro, el alto grado de riesgo de infección en el humano y el uso de un laboratorio con nivel de bioseguridad tipo 3, han obligado a buscar otras estrategias de diagnóstico menos riesgosas, más económicas y con alta sensibilidad y especificidad, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que está diseñada para la detección del elemento IS1111, una secuencia de inserción típica presente en *C. burnetii*, pero que también se ha demostrado que está presente en las bacterias endosimbiontes similares a *Coxiella*, lo que pone en entredicho los resultados obtenidos en el diagnóstico, sobre todo cuando se usa a las garrapatas como muestra clínica. Esta situación ha generando la necesidad de diseñar nuevos protocolos de PCR que permita diferenciar claramente entre los dos tipos de microorganismos.

Objetivo

Por lo que el objetivo de este estudio es comparar dos protocolos de PCR usados en el diagnóstico de la Fiebre Q a partir de muestras clínicas de bovinos y ovinos con antecedentes de aborto.

Materiales y métodos

Muestras. Se utilizaron muestras de ADN extraído a partir de hisopados vaginales de bovinos y ovinos obtenidos durante un periodo no mayor a 30 días luego de haber ocurrido el aborto y remitidos desde diferentes estados de la República Mexicana durante el periodo 2020 -2022, al laboratorio de Enfermedades de los Pequeños Rumiantes del CENID SAI – INIFAP. Todos los ADN fueron analizados mediante espectrofotometría para conocer su concentración y calidad. Cabe destacar que los animales de los cuales se obtuvieron las muestras, eran negativos a la prueba de Tarjeta al 8% y de microaglutinación (MAT) para la detección de anticuerpos contra *Brucella* spp y *Leptospira* spp, bajo los protocolos establecidos por la NOM 041-ZOO-1995 y el manual de la OIE respectivamente. Estas muestras también resultaron negativas a la PCR en punto final para la detección del ADN de *Chlamydia* spp; todos estos microorganismos, considerados endémicos y causantes de abortos en los rumiantes en México.

PCR para el diagnóstico de la fiebre Q. Para la detección del ADN de *C. burnetii* mediante PCR, se utilizaron dos protocolos. El primero, reportado y estandarizado para el diagnóstico de la Fiebre Q a partir de diversas muestras clínicas (Mares et al, 2011); mientras que el segundo, fue diseñado en el Laboratorio de Enfermedades de los Pequeños Rumiantes del CENID SAI – INIFAP (Gutierrez et al, 2019). A continuación, se describe brevemente las características de cada uno de ellos.

- Protocolo 1. Se empleó una PCR de tipo anidada, en la cual se utilizaron dos pares de iniciadores para la amplificación de dos fragmentos del IS1111, uno de 687pb en la primera reacción y otro de 440pb para la segunda.
- Protocolo 2. Se empleó una PCR punto final, basado en la detección de un fragmento de 368pb del gen ompA (Gene ID: 1209542), responsable de la expresión de la proteína A de la membrana externa de *C. burnetii* (Schäfer et al, 2020).

Las premezclas empleadas para la PCR en ambos protocolos fue de tipo comercial, los iniciadores fueron utilizados a una concentración final de 0.5mM y el ADN templado, entre 10pg y 1ug en un volumen final de reacción de 50uL. Como control positivo para ambos protocolos, se empleó ADN de *C. burnetii* donado por la Universidad de Murcia, España. Los productos finales de la PCR fueron separados mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.5%, preparado en una solución amortiguadora TAE 1X (Tris base 40 mM, ácido acético 20 mM y EDTA 1 mM) y mezclado con bromuro de etidio a una concentración final de 0.5 µg/mL; se utilizó TAE 1X como amortiguador de corrida. El gel se visualizó en un lector de rayos UV. Los amplicones obtenidos en ambos protocolos se purificaron mediante un ensayo comercial y fueron enviados a secuenciación. Las secuencias obtenidas se editaron y alinearon empleando la herramienta digital BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), con otras previamente registradas en la base de datos del NCBI (National Center of Biotechnology).

Análisis de resultados. Los resultados obtenidos en cada protocolo, se concentraron en tablas de contingencia y se analizaron mediante Chi cuadrado y pruebas de concordancia a través del programa estadístico Epi Info™ versión 7.2.5.0.

Resultados y discusión

Se analizaron 21 muestras de ADN, nueve de ovejas y 12 de vacas. Mediante los protocolos 1 y 2 se logró la amplificación de fragmentos de ADN del IS1111 y ompA respectivamente, en 10 de las muestras empleadas en este estudio, siete de origen ovino y tres de origen bovino; sin embargo, hubo discrepancia en los resultados obtenidos en dos de las muestras de origen bovino entre ambos protocolos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados obtenidos mediante el uso de dos protocolos de PCR para el diagnóstico de la Fiebre Q en los rumiantes.

Origen de la muestra	No. Muestra	Protocolo 1*	Protocolo 2
Ovina	1	+	+
	2	+	+
	3	+	+
	4	+	+
	5	+	+
	6	+	+
	7	-	-
	8	-	-
	9	+	+
Bovina	10	+	+
	11	-	-
	12	+	-
	13	-	-
	14	-	+
	15	+	-
	16	-	+
	17	-	-
	18	-	-
	19	-	-
	20	-	-
	21	-	-

*Los resultados expresados corresponden a los obtenidos luego de la visualización de los productos de amplificación de la segunda reacción

En la prueba de Chi cuadrado no se encontró diferencia entre los protocolos 1 y 2 ($P>0.05$) para la detección de *C. burnetii* mediante la PCR a partir de ADN extraído de muestras clínicas, al comparar la concordancia entre ambos protocolos, se observó que esta es buena con un valor de $k=0.618$ ($P<0.05$) y un intervalo de confianza de 0.19-1.046. Se logró la secuenciación de 8 amplicones para cada protocolo, la identidad genética encontrada al realizar la búsqueda en BLAST para las secuencias de IS1111 previamente

reportadas, fue de entre el 96.90 y el 100%; mientras que para las secuencias de ompA, entre el 99.34 y el 100% de cepas de *C. burnetii*.

La Fiebre Q es una enfermedad zoonótica de distribución mundial, en México es considerada exótica en los animales y por esa razón, no existen pruebas comerciales disponibles para su diagnóstico, aunado a ello, el aislamiento de *C. burnetii* mediante cultivo celular requiere de ser realizado en laboratorios con un nivel de bioseguridad 3. La PCR representa una opción para el diagnóstico de la Fiebre Q, ya que cuenta con alta especificidad y sensibilidad. Aunque la infección por *C. burnetii* en rumiantes domésticos es común, la enfermedad clínica es poco frecuente y puede inducir diversos trastornos reproductivos. La orina, las heces, la leche y la placenta de animales infectados contienen una alta concentración de *Coxiella*, siendo a través de estas, las formas más comunes de transmisión hacia el humano (Patil y Regunath, 2022), las garrapatas actúan como las principales impulsoras de la transmisión y la dispersión espacial de la fiebre Q entre los vertebrados, por esta razón también son consideradas como una muestra clínica de gran valor diagnóstico. Estos ectoparásitos no solo albergan *C. burnetii*, sino también bacterias similares a *Coxiella* (*Coxiella-like*) estrechamente relacionadas, pero genéticamente distintas de *C. burnetii* en ellas, es común la presencia del IS1111, gen frecuentemente utilizado para el diagnóstico por PCF de la Fiebre Q. El gen ompA, responsable de la expresión de la proteína A de la membrana externa de *C. burnetii* y relacionado con la invasión por parte del patógeno, hacia las células no fagocíticas del hospedero, está ausente en los endosimbiontes similares a *Coxiella* (Schäfer et al, 2020); por esta razón, el protocolo 2 fue diseñado con base a la detección de un fragmento de 368pb del gen ompA, esta característica hace considerar a dicho protocolo, como una prueba más específica para el diagnóstico de la enfermedad, sobre todo cuando se pretenda utilizar como muestra clínica a las garrapatas. Cabe destacar que, pese a la discrepancia de resultados en dos muestras analizadas por ambos protocolos, en el análisis BLAST no se encontró identidad genética con endosimbiontes similares a *Coxiella* en las muestras analizadas con el protocolo 1, también se observó que existe mayor identidad genética con cepas de *C. burnetii* previamente reportadas, en aquellas que resultaron positivas al protocolo 2.

Conclusiones

Se concluye que ambos protocolos son confiables para el diagnóstico de la Fiebre Q utilizando de ADN extraído a partir de hisopados vaginales de bovinos y ovinos, pero se debe considerar que para el protocolo 1 es una PCR anidada, lo que genera un mayor gasto de insumos para el diagnóstico.

Fuente Financiadora

Proyecto Fiscal “Detección de *Coxiella burnetii* en el ganado bovino criado bajo pastoreo extensivo en las regiones tropical y de clima templado de México”

Referencias bibliográficas

1. Patil SM, Regunath H. Q Fever. [Updated 2022 Nov 18]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556095/>
2. Pexara, A., Solomakos, N., & Govaris, A. (2018). Q fever and seroprevalence of *Coxiella burnetii* in domestic ruminants. *Veterinaria italiana*, 54(4), 265–279. <https://doi.org/10.12834/Vetlt.1113.6046.3>
3. Duron O. (2015). The IS1111 insertion sequence used for detection of *Coxiella burnetii* is widespread in *Coxiella-like* endosymbionts of ticks. *FEMS microbiology letters*, 362(17), fnv132. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnv132>
4. Schäfer, W., Schmidt, T., Cordsmeier, A. et al. The anti-apoptotic *Coxiella burnetii* effector protein AnkG is a strain specific virulence factor. *Sci Rep* 10, 15396 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72340-9>

EFFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA E INMUNOLÓGICA DEL CALOSTRO.

Teódulo Quezada Tristán¹, Ponce Álvarez Mayra¹, Ponce Hernandez Jorge¹, Valdivia Flores Arturo Gerardo¹, Vázquez Flores Sonia², Medina Esparza Leticia Esperanza³, Victor Hugo Franco Olivares¹

¹Departamento de Ciencias Veterinarias, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

²Tecnológico de Monterrey Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

³Instituto Tecnológico del Llano. Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI).

*Autor para correspondencia: teodulo.quezada@edu.uaa.mx

Palabras clave: Bécerras, calostros, contaminación, inmunoglobulinas.

Introducción

El calostro es la primera secreción de la glándula mamaria de diferentes especies de animales mamíferos; proporciona factores inmunitarios y de crecimiento que garantizan la salud y vitalidad del recién nacido (Malmuthuge et al., 2015). El calostro difiere considerablemente en composición de la leche normal y contenido de inmunoglobulinas que protegen a los mamíferos recién nacidos de enfermedades y la mortalidad (Lima et al., 2017). Además de ser más abundante en la cantidad de IgG (Stelwagen et al., 2009). El sistema de clasificación de la calidad del calostro se basa en la densidad del calostro, la tasa de multiplicación de las bacterias beneficiosas y la reducción de las bacterias patógenas (Puppel et al., 2020). La adopción de sistemas de tratamiento térmico (pasteurización) del calostro a nivel de las explotaciones lecheras han mostrado mejoramientos significativos en la salud de las terneras y en los ingresos económicos de los productores (Heinrichs et al., 2019).

El manejo adecuado de calostro bovino y el suministro oportuno es prioritario disminuir los índices de morbilidad y mortalidad (Malmuthuge et al., 2015). Estudios realizados por Donahue et al., (2012) y Salazar-Acosta et al., (2019), han demostrado que la contaminación microbiológica se reduce significativamente con el tratamiento térmico (TT) del calostro a 60°C durante 30 minutos. Sin embargo, estudios realizados por Elizondo-Salazar et al., (2010) y Heinrichs et al., (2019), han demostrado que el TT provoca desnaturización del 12 al 30% de las inmunoglobulinas G presentes en el calostro, además de incrementar su viscosidad.

Objetivo

Evaluar el efecto del Tratamiento Térmico del calostro sobre su calidad microbiológica e inmunológica.

Materiales y métodos

Bajo un estudio no experimental de tipo longitudinal por conveniencia. Se seleccionaron 200 vacas al parto con un peso promedio de 650.0 ± 50.0 kg, sanas en periodo de secado. Fueron alimentadas con una dieta con el 85% materia seca y 15 % de concentrado con 14 % de proteína a base de ensilaje de maíz, heno de avena y concentrado. Se aplicaron vacunas contra enfermedades virales y bacterianas cuatro semanas antes del parto. Durante un año se obtuvieron las 200 muestras de calostros sin TT y con TT. La recolección de los calostros se llevó a cabo durante las primeras horas post parto (2 a 4 h), mediante ordeña mecánica, los cuales se recibirán en recipientes de plástico. Se homogenizaron los calostros y de dividieron en dos partes, la primera que correspondió a calostros no TT y la segunda parte que correspondió a los calostros que se sometieron a TT. El calostro se dejó atemperar a 22 °C por unos minutos para luego evaluar su densidad con un calostrómetro (Marca Biogenics), se registraron todas las densidades específicas obtenidas y se estimaron las concentraciones de IgG tanto de las muestras con y sin TT. Los calostros TT se realizó en un pasteurizador marca Dairy Tech Incorporated a una temperatura de 60°C durante 60 min. De ambos calostros sin y con TT se tomaron submuestras en tubos cónicos de plástico de 50 mL, se identificaron y se mantuvieron en refrigeración a -10°C hasta su uso.

Se obtuvieron submuestras de los calostros sin TT y con TT que fueron depositados en tubos eppendorf de 1.5 mL, los tubos se sometieron a una centrifugación en una centrifuga refrigerada (Marca HETTICH modelo Mikro 22 R hecha en Barcelona España) a 4°C a una velocidad de 18000 rpm en dos ocasiones, en cada proceso se retiraron los sobrenadantes y el suero obtenido se colocó nuevamente en tubos eppendorf de 1.5 mL, que se congelaron hasta su uso. Se elaboró una curva estándar de IgG con valores

conocidos para estimar las muestras problema, en suero de leche que fue obtenido de la misma manera que el del calostro. Se determinaron las concentraciones de IgG por espectrofotometría, con la técnica de sulfato de zinc, según la técnica descrita por (Pfeiffer *et. al.*, 1977), en un espectrofotómetro (Marca Varian, Modelo Cary 100 Bio Hecho en EUA). De igual manera se utilizó la refractometría (Grados Brix) y calostrometría.

Para la bacteriología de los calostros se tomaron una pequeña muestra de cada uno de los viales con y sin TT de los calostros con un asa calibrada de 0.01 mL, se realizaron las inoculaciones en los medios de cultivo enriquecidos, diferenciales y selectivos BD Bioxon de la marca BECTON DICKINSON DE MEXICO que fueron preparados y vaciados en las cajas de Petri previamente (Agar Sangre, Sal y Manitol, MacConkey, Sauboraud dextrosa, Agar Trypticaseína de Soya y Agar Brucella enriquecido con sangre de cordero). Se realizó un estriado para hacer una distribución homogénea sobre el medio. Se llevaron a una estufa bacteriológica (Marca Binder, modelo BD 56 UL E3) y se incubaron a 37°C por un tiempo de 24 a 48 h. Se realizó la revisión del crecimiento bacteriano y el conteo de las UFC/mL de calostro.

Los datos fueron ingresados y ordenados en una base de datos de Excel (Microsoft Office 365) y se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) mediante el Sofware Statistical Analysis System (SAS, 2011) y a una prueba de medias de comparación múltiple por el método Tukey a un nivel de significancia de $P<0.05$.

Resultados

Los resultados obtenidos de las concentraciones de IgG con los tres métodos utilizados (calostrometría, Refractometría grados Brix y espectrofotometría), en suero de calostro frescos fueron para los que no recibieron TT de 108.5 ± 2.79 , 104.60 ± 4.1 y 89.60 ± 1.5 mg/mL respectivamente, mientras que los que recibieron el TT fueron de 90.0 ± 2.58 , 95.70 ± 2.9 y 83.61 ± 1.4 mg/mL respectivamente. Como se puede mostrar las concentraciones de IgG disminuyeron por efecto del TT en los tres métodos utilizados para su determinación, siendo para el calostrómetro una disminución del 17.1%, para la refractometría de 4.5% y para la espectrofotometría del 6.7% ($P<0.05$). También se puede observar que de acuerdo con la metodología utilizada para la determinación de la IgG en el suero de calostro existe una diferencia significativa entre los tres métodos utilizados ($P<0.05$). Por lo anterior, estimamos que hay una sobre estimación en la medición de la concentración de IgG con los métodos de calostrometría y refractometría del 16.5 % y 14.4 % respectivamente con respecto a la refractometría. Con estos resultados consideramos que el método de mayor precisión es con la técnica espectrofotométrica por lo que se recomienda para evaluar la calidad del calostro, tanto en calostros tratados o no tratados con el tratamiento térmico. Las concentraciones de IgG en el suero de calostro obtenidos en nuestro estudio demostramos que en los sueros de calostros que se trataron térmicamente disminuyeron un 12.1%.

Los resultados de este estudio indican que el riesgo de contaminación de calostro es muy alto independientemente de la etapa de recolección: ya que el 95% de las muestras de calostros frescos obtenidos presentaron algún tipo de crecimiento bacteriano (Streptococcus, Staphylococcus, enterobacterias y levaduras). Encontramos el 34.8% de contaminación con Streptococcus, el 4.5 % con levaduras, el 1.8% con enterobacterias. De igual manera el resultado obtenido de la contaminación bacteriana presentes en los calostros frescos indica que fueron eliminados en un 90% bajo el protocolo temperatura de 60°C durante 60 minutos.

Discusión

Con relación a los métodos utilizados para su determinación de la concentración de IgG, encontramos una disminución de la IgG en el suero de calostro del 17.1%, 4.5% y 6.7% (calostrómetro refractometría y espectrofotometría, respectivamente). Esto puede ser explicado a que los métodos utilizados tienen una sensibilidad y especificidad diferente, donde la espectrofotometría parece ser la más precisa. Nuestros resultados son similares a los realizados por Elizondo Salazar, *et al.*, (2010), sin embargo, estos autores no utilizaron la espectrofotometría. Estos resultados nos permiten establecer que el método espectrofotométrico es una buena alternativa para determinar los niveles de IgG en suero de calostro como en el suero sanguíneo de las beceras. Con respecto a la disminución observada del 12.1% de los niveles de IgG, puede ser explicado debido a que el protocolo de tratamiento utilizado si produce una desnaturización de las proteínas (IgG). Estos resultados son similares a los realizados por Elizondo-Salazar *et al.*, (2010) quienes reportan el efecto del tratamiento térmico sobre la disminución de los niveles de IgG en el calostro, pero en un porcentaje menor (5 -10%). Pero son diferentes a lo reportado por

Donahue *et al.*, (2012) quien manifiesta que no hay efecto de desnaturalización de las IgG. Con estos resultados podemos deducir que si hay efecto del tratamiento térmico sobre los niveles de IgG. Encontramos que un 95% de contaminación con algún tipo de los microorganismos habituales y que el protocolo de 60°C por 60 minutos reduce el 90% de la contaminación. Esto es debido a que durante el manejo de los calostros en su recolección en las explotaciones lecheras no es eficiente. Nuestro resultado concuerda con los estudios de Donahue *et al.*, (2012) que demuestran que el tratamiento térmico del calostro en condiciones controladas en el proceso reduce la concentración de microorganismos patógenos, pero no los elimina completamente.

Conclusiones

El método espectrofotométrico mosto ser más sensible y específico que los utilizados en campo como el calostrómetro y refractometría (Grados Brix).

El Tratamiento Térmico del calostro en condiciones de campo, tiene un efecto sobre la desnaturalización de las IgG disminuyéndolas en un 12.1%.

El riesgo de la contaminación del calostro es considerado alto durante la recolección del mismo y que el tratamiento térmico es una buena alternativa para reducir la contaminación en un porcentaje importante.

Referencias bibliográficas

1. Donahue M., Godden, S. M., Bey, R., Wells, S., Oakes, J. M., Sreevatsan, S., Fetrow, J. (2012). Heat treatment of colostrum on commercial dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 95, 2697–2702. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5220>
2. Elizondo-Salazar, J. A., Jayarao, B. M., & Heinrichs, A. J. (2010). Effect of heat treatment of bovine colostrum on bacterial counts, viscosity, and immunoglobulin G concentration. *Journal of Dairy Science*, 93(3), 961–967. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2388>
3. Heinrichs, A. J., Jones, C. M., Erickson, P. S., Chester-Jones, H., & Anderson, J. L. (2019). Symposium review: Colostrum management and calf nutrition for profit-a-ble and sustainable dairy farms. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17408>
4. Lima, S.F., Teixeira, A.G.V., Lima, F.S., Ganda, E.K., Higgins, C.H., Oikonomou, G., Bicalho, R.C., 2017. The bovine colostrum microbiome and its association with clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 100, 3031–3042. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11604>.
5. Malmuthuge, Nilusha, Yanhong Chen, Guanxiang Liang, Laksiri A. Goonewardene, y Le Luo Guan (2015). Heat-treated colostrum feeding promotes beneficial bacteria colonization in the small intestine of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, pi: S0022-0302(15)00622-0. <http://doi.org/10.3168/jds.2015-9607>
6. Pfeiffer, N.E.; McGuire, T.C.; Bendel, R.B.; Weikel, J.M. 1977. Quantitation of bovine immunoglobulins: Comparison of single radial immunodiffusion, zinc sulfate turbidity, serum electrophoresis, and refractometer methods. *Am. J. Vet. Res.* 38 (5), 693–698.
7. Puppel, K., Golebiewski, M., Konopka, K., Kunowska-Słosarz, M., Słosarz, J., Grodkowski, G., Przysucha, T., Balcerak, M., Madras-Majewska, B., Sakowski, T., 2020. Relationship between the quality of colostrum and the formation of microflora in the digestive tract of calves. *Animals* 10. <https://doi.org/10.3390/ani10081293>.
8. Salazar-Acosta, Ericka; Elizondo-Salazar, Jorge Alberto. 2019. El tratamiento térmico del calostro aumenta la absorción de inmunoglobulinas G en terneras Holstein. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 30, (1) DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32356>
9. SAS. 2011. SAS/STAT 9.2 User's guide. Version 9.2 ed. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
10. Stelwagen, K., E. Carpenter, B. Haigh, A. Hodgkinson, and T. T. Wheeler. (2009). Immune components of bovine colostrum and milk. *J. Anim. Sci.* 87(13 Suppl.):3–9. <http://doi.org/10.2527/jas.2008-1377>

EFECTO DE UN EXTRACTO DE ORÉGANO, CANELA Y CLAVO SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN OVINOS DE ABASTO.

Paula Gimena Carreón-Cruz^{*1}, Teódulo Quezada-Tristán¹, Rafael Julio Macedo-Barragán², Carlos Alberto García-Munguía³, Víctor Hugo Franco Olivares¹, Arturo Gerardo Valdivia Flores¹.

¹Departamento de Ciencias Veterinarias, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, ²Departamento de Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, ³Instituto de Ciencia Animal, Universidad de Guanajuato

*Autor para correspondencia: paula.gimena.carreon.cruz99@gmail.com

Palabras clave: Extracto plantas, ovinos.

Introducción

La ovinocultura es una actividad, que ha estado presente a lo largo de nuestra historia como civilización, en la actualidad el mayor productor de ovinos a nivel mundial es el continente asiático, seguido de África, Europa, Oceanía y América (FAOS-TAT, 2015). En México, esta actividad tiene una gran demanda a mercado sobre la producción de carne; que se obtienen de sistemas de producción intensivos, para aprovechar la edad de los animales, ofreciéndoles dietas con un porcentaje en grano del 80% dando como resultado menores tiempos de engorda y mejores índices de conversión. El uso de antibióticos como promotores del crecimiento (APC) en los sistemas de producción pecuaria están provocando problemas de resistencia bacteriana por lo que se genera un problema de salud pública por afecciones a la salud humana (Torres y Zaragoza, 2002)¹. Una alternativa al uso de APC, se ha estado haciendo uso de extractos de plantas (EP) que son de origen natural, los cuales contienen varios componentes bioactivos que, ofrecen varios beneficios a la salud animal, por sus efectos desparasitantes (Calsamiglia *et al.*, 2007), bactericidas (Bostami, 2015), antioxidantes (Ryu *et al.*, 2019) inocuos (Suresh *et al.*, 2023) además de estimular el apetito animal (Pastrana-Puche *et al.*, 2017). Se tiene reportado que los EP tienen la capacidad de mitigar el estrés oxidativo, modular la expresión enzimática, tienen acción antinflamatoria y cicatrizante (Bakkali *et al.*, 2018), neuro protector (Gunasekar *et al.*, 2012) y como inmunoestimulante que favorece a la salud gastrointestinal (Pinto *et al.*, 2006) Por otra parte, en varios estudios se han mencionado que ayudan a mejorar los parámetros productivos (Yang *et al.*, 2014; Chapman *et al.*, 2017)².

Objetivo

Evaluar el efecto de un extracto de plantas a base de orégano, canela y clavo (*Origanum Vulgare*, *Cinnamomum vero* y *Syzygium aromaticum*) en ovinos durante su periodo de engorda sobre los parámetros productivos, bioquímicos sanguíneos, ruminiales y desparasitante.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la Unidad de Pruebas de Comportamiento Animal, en el área pecuaria de la Posta Zootécnica, en el municipio de Jesús María, Aguascalientes. Se seleccionaron 19 machos, destetados de 60 días de edad, Black Belly, con un peso promedio de 15.61 ± 2.55 Kg, se identificaron individualmente, se vacunaron y desparasitaron. Los corderos se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos de la siguiente manera: Tratamiento uno (T1) (grupo control; 0 mL/día de EP), Tratamiento dos (T2) (grupo de animales que recibieron 50 mL/día de EP) y Tratamiento tres (T3) (grupo de animales que recibieron 100 mL/día de EP), con siete, seis y seis repeticiones cada uno, respectivamente. Todos los animales de cada uno de los tratamientos recibieron una dieta base y comercial con un 14% de proteína y 2.9 Mcal de energía, elaborada por la fábrica de alimentos de la Posta Zootécnica de la UAA. Se llevo a cabo durante una semana un periodo de adaptación a la dieta de los animales de cada uno de los tratamientos. El agua de bebida y alimento fue *ad libitum*. Al grupo de animales del T2 y T3 se les adiciono diariamente en el alimento 50 mL y 100 mL del EP, durante los 90 días del estudio. Antes de servir de nuevo el alimento pesaba el alimento rechazado. A todos los animales de cada tratamiento fueron pesados y se les obtuvieron muestras de sangre, líquido ruminal y heces a los: 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días del estudio. Se obtuvieron los parámetros productivos; Peso Promedio (PP), Consumo de Alimento (CA), Ganancia Diaria de Peso (GDP), Índice de Conversión (IC) y Rendimiento en Canal. Se determinaron en el suero sanguíneo; las actividades enzimáticas de la Alanino Amino Tranferasa (ALT), Aspartato Amino Tranferasa (AST) y la Fosfatasa Alcalina (ALP), así como, las concentraciones de las Proteínas Totales (PT) y Albumina

(ALB). En el líquido ruminal se evaluó el; pH, Actividad Reductiva Microbiana (ARM) y el conteo de Protozoarios/mL de líquido ruminal. Se realizaron los estudios coprológicos para determinar la cantidad y tipo de parásitos presentes en las heces. La investigación se realizó mediante un diseño experimental completamente al azar, con mediciones repetidas, los resultados obtenidos, fueron ordenados y registrados en hojas de Excel para luego ser analizados mediante un paquete estadístico *Satisfycal Analysis System* (SAS, 1998), utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) y un análisis de medidas de comparación múltiple por el método de Turkey a una significancia $P<0.05$. Para el caso específico de la variable de peso, se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA).

Resultados.

Los resultados de la evaluación de los parámetros productivos a los 90 días del estudio, reflejaron que el PP del grupo de animales del T3 (100 mL/día de EP), se obtuvo una diferencia estadística ($P<0.05$) con un peso promedio de 45 ± 1.43 , con respecto a los grupos de animales que conformaron el T1 (Control) y T2 (50 mL/día de EP), 43 ± 1.24 y 42.41 ± 2.22 , respectivamente. Mientras que, en las variables de CA, IC y Porcentaje de Rendimiento no fue posible encontrar diferencias estadísticas entre los tres tratamientos ($P>0.05$).

Los resultados de la evaluación de la bioquímica sanguínea a los 90 días del estudio, reflejaron que la ALP del grupo de animales del T2 (50 mL/día de EP) se obtuvo una diferencia estadística ($P<0.05$) con una actividad promedio 862.11 ± 20.21 , seguido del T3 (100 mL/día de EP) 650.44 ± 78.8 , con respecto al T1 (control) 574.99 ± 79.61 . Mientras que las enzimas ALT, AST; las PT y ALB no fue posible encontrar diferencias estadísticas entre los tres tratamientos ($P>0.05$).

Los resultados de la evaluación de los parámetros ruminales a los 90 días del estudio, reflejaron que el pH del grupo de animales T3 (100 mL/día de EP) se obtuvo una diferencia estadística ($P<0.05$) con valor promedio 6.36 ± 0.17 , con respecto al T1 (control) y T2 (100 mL/día de EP) 5.33 ± 0.20 , 5.8 ± 0.2 , respectivamente. Mientras que en las variables ARM y no. de protozoarios mL/líquido ruminal, no fue posible encontrar diferencias estadísticas entre los tres tratamientos ($P>0.05$).

El resultado de la evaluación coprológica de los animales a los 90 días del estudio, observamos diferencia estadística donde el número de oocistos/g de heces para animales del tratamiento T3 (100 mL/día de EP) fue en promedio 125 ± 17.07 , con respecto a los grupos de animales que conformaron el T1 (control) y T2 (50 mL/día de EP) de 5.33 ± 0.20 , 5.8 ± 0.2 , respectivamente ($P<0.05$).

Discusiones

Los resultados obtenidos en este estudio en la evaluación de los parámetros productivos, solo se logró obtener en este estudio diferencia estadística en la variable peso final, esto puede ser debido a que el tiempo de adaptación del EP en el rumen de los ovinos no fue suficiente ya que se ha reportado que a partir de los 45 días de administrados los extractos empiezan a manifestar sus beneficios. Nuestros resultados son similares a lo reportado por Benchaar *et al.*, (2006)³ quienes mencionan que el uso de los EP (timol, eugenol, vainilla y limoneno) en bovinos encontraron diferencia estadística en el peso promedio de los animales, ya que la relación entre la ganancia de peso y consumo de materia seca, se vio afectada cuadráticamente a una dosis de 2 g/día, que se vio reflejada en la eficiencia alimenticia. En base a nuestros resultados consideramos que el uso de EP puede ser una alternativa para ser adicionados a la alimentación de los borregos en la etapa de engorda.

Los resultados obtenidos en este estudio en la evaluación de bioquímica sanguínea solo se logró obtener diferencia estadística de la ALP al final del estudio. Ya que mostró diferencia en la actividad enzimática entre los diferentes tratamientos, con los niveles más bajos en el grupo control. Nuestros resultados son similares a los reportados por Noro y Wittwer (2014)⁴ quienes mencionan que la actividad de la ALP se incrementa cuando hay un mayor crecimiento de los tejidos. Por otro lado, nuestros resultados en las variables de PT, ALB y actividades enzimáticas de AST y ALT indican que no hay daño hepático por el consumo de los EP este estudio es similar al estudio realizado por Lopez *et al.*, (2020). Se puede concluir que el uso de EP no provoca daño al hígado.

Los resultados en la evaluación de los parámetros ruminales, solo se logró obtener diferencia estadística del pH al final del estudio. Nuestros resultados reflejan que hay un mejor manejo de pH óptimo en aquellos animales que recibieron una dosis de 100 mL/día de EP en comparación a 50 mL/día de EP y el grupo control. Nuestros resultados en cuanto al pH fueron diferentes al reportado por Khiahosa-ard y Zebeli (2013)⁵ quienes con el uso de EP no encontraron diferencias en todos los parámetros productivos incluyendo el pH. En base a estos resultados consideramos que el uso de EP puede ser una alternativa

para ser adicionados a la alimentación de los borregos en la etapa de engorda para mantener su pH en un valor fisiológico evitando la disminución de su pH.

Los resultados en la evaluación coprológica se logró obtener diferencia estadística de la cantidad de oocistos/g de heces. Esto es debido al efecto antiparasitario que ha sido reportado por el uso de EP en los animales. Nuestros resultados son similares a los estudios realizados por Chapman *et al.*, (2017) quienes demostraron que el uso de EP en novillas, demostraron una disminución de oocistos *Eimeria spp.* presentes en heces. El uso de EP puede ser utilizado en la dieta de ovinos de engorda para controlar la infección parasitaria de protozoarios.

Conclusiones

El EP a base de orégano, canela y clavo, es una alternativa natural que ofrece una mejor ganancia de peso en quienes consumieron 100 mL/día, no muestra un efecto tóxico, ya que no se ve reflejado en las enzimas propias de funcionamiento hepático; incrementa el pH ruminal en sus consumidores, manteniendo un pH óptimo para la producción, reduciendo el riesgo de acidosis y es una alternativa como desparasitante, ya que reduce la cantidad de oocistos en heces.

Fuente financiadora

Proyecto financiado por la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Agradecimientos

A la Unidad de Ovinos del Área Pecuaria del Centro de Ciencias Agropecuarias por la facilidad de sus instalaciones, animales y su alimentación durante la duración del estudio. Al CONACYT por la beca otorgada como alumna del Programa de Posgrados de la Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria. Al personal operativo de la Posta Zootécnica, que brindo su apoyo para que se llevará a cabo la investigación y a mi familia.

Referencias bibliográficas

1. Torres, C., y Zaragoza, M. (2002). Antibióticos como promotores del crecimiento en animales. ¿Vamos por el buen camino? Gaceta Sanitaria. 16, 2, Versión impresa ISSN 0213-9111. Disponible en:[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S02139111200200020002#:~:text=Actualmente%20est%C3%A1n%20autorizadas%20como%20promotores,en%20humanos\)%2C%20entre%20otros](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S02139111200200020002#:~:text=Actualmente%20est%C3%A1n%20autorizadas%20como%20promotores,en%20humanos)%2C%20entre%20otros)
2. Chapman, C. E., Chester-Jones, H., Ziegler, D. Clapper, J.A., and Erickson, P. S. (2017). Effects of cinnamaldehyde or monensin on performance of weaned Holstein dairy heifers. Journal of Dairy Science. 100, 3, 1712–1719. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11893>
3. Benchaar, C., Duynisveld, J.L, and Charmley, E. (2006). Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. Canadian Journal of Animal Science. 86, 1, 91 - 96. <https://doi.org/10.4141/A05-027>
4. Noro, M., y Wittwer, F. (2004). Enzimas hepáticas de utilidad diagnóstica en la clínica de los animales domésticos. VETERMAS. 3(6), 6-10.
5. Kiaosa-ard, R., Zebeli, Q. (2013). Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. Journal of Animal Science. 91, 4, 1819-30. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5691>

COMPARACIÓN DE TRES TÉCNICAS DIAGNÓSTICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE *Cryptosporidium spp.* EN BOVINOS HOLSTEIN.

Atzimba Tamara Huerta-Magallanes^{1*}, Sara González-Ruiz², Nerina Patricia Veyna-Salazar², Germinal Jorge Cantó-Alarcón², Isabel Bárcenas-Reyes², Héctor Raymundo Vera-Ávila².

¹Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México. ²Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

*Autor para correspondencia: ahuerta23@alumnos.uaq.mx

Palabras clave: *Cryptosporidium spp.*, diagnóstico, Holstein.

Introducción

Cryptosporidium spp. es un protozoario zoonótico intracelular que causa la Criptosporidiosis, una enfermedad relevante en los becerros. Este parásito infecta a las células del intestino delgado, ocasionando trastornos gastrointestinales agudos o crónicos, tales como diarrea con o sin presencia de sangre y moco, así como una disminución en el crecimiento, reducción en la ganancia diaria de peso e incluso la muerte (Tarekegn *et al.*, 2021). Entre las distintas especies identificadas, *Cryptosporidium parvum* es de especial importancia debido a su potencial zoonótico, mientras que *Cryptosporidium bovis* es más frecuente en bovinos adultos, y *Cryptosporidium andersoni* juega un papel en la diseminación de ooquistas en el ambiente (Silverlås, 2013). Aunque la Criptosporidiosis tiene distribución mundial, las prevalencias varían considerablemente, oscilando entre el 6% y el 60% en países como Estados Unidos de América, Canadá, México y China. En México, las prevalencias muestran variaciones significativas entre diferentes estados, siendo ejemplo Veracruz, con 73%, y Guerrero con 3%. Esta disparidad podría atribuirse a una serie de factores relacionados con el manejo y la alimentación de los becerros (Nwosu *et al.*, 2019). El diagnóstico de la Criptosporidiosis se realiza a través de la identificación de los ooquistas en muestras fecales por métodos convencionales como Flotación con Azúcar de Sheather, Flotación con Sulfato de Zinc y Tinción de Ziehl-Neelsen; por métodos moleculares como PCR y Amplificación isotérmica mediada por bucle (LAMP); y por técnicas serológicas como ELISA; sin embargo, a nivel de campo, los métodos convencionales son considerados los de elección por su rapidez, simplicidad y bajo costo, por lo que, en el presente estudio se compararon tres técnicas diagnósticas convencionales para la identificación de ooquistas de *Cryptosporidium spp.* en ganado Holstein durante diferentes etapas de desarrollo.

Objetivo

Comparar la concordancia de tres técnicas diagnósticas convencionales para la identificación de ooquistas de *Cryptosporidium spp.* en ganado Holstein durante diferentes etapas de desarrollo.

Materiales y métodos

Diseño experimental: Se realizó un estudio transversal de junio a octubre de 2023 con muestreo por conveniencia en un hato lechero de producción intensiva con bovinos Holstein en el municipio de Pedro Escobedo en el estado de Querétaro. Al nacimiento, las becerras son llevadas a cajas individuales para su crecimiento, separadas de los animales de mayor edad y adultos. El número de animales a muestrear se determinó de acuerdo a Maldonado *et al.*, (1998), con una prevalencia esperada del 25%, lo que resultó en 288 animales. Las muestras de heces fueron recolectadas en guantes de palpación directamente del recto de los animales; debido a que los animales más jóvenes son los más susceptibles a la enfermedad, la distribución del número de muestras se realizó de la siguiente manera: 145 animales < dos meses de edad, 70 de 4-7 meses y 73 adultos. Se registró la edad del animal, si presentaban o no diarrea y la consistencia de esta. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Parasitología en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, donde fueron almacenadas a 4°C hasta su procesamiento y análisis.

Análisis de las muestras: Para establecer la mejor técnica diagnóstica, se realizó el análisis de 100 muestras de acuerdo a un criterio de conveniencia con cada una de las siguientes técnicas: Tinción de Ziehl-Neelsen en frío (ZN), Tinción Safranina-Azul de Metileno (SMB) y Flotación con Azúcar de Sheather (SSF). Todas las muestras fueron procesadas en fresco debido a la urgencia del diagnóstico para la Unidad

de Producción estudiada. La distribución de las 100 muestras analizadas fue: 69 de becerras menores a dos meses, 24 muestras de becerras de 4-7 meses y 7 muestras de adultos.

Análisis estadístico: El nivel de concordancia para las tres técnicas se estableció de acuerdo al Índice de Kappa (κ), donde $\kappa > 0.75$ = concordancia excelente, κ de 0.40–0.75= concordancia regular a buena y $\kappa < 0.40$ = concordancia mala. También se realizó la prueba de Chi-cuadrada (χ^2) para medir la asociación entre la presentación de diarrea y la presencia de ooquistas de *Cryptosporidium* spp. al diagnóstico; así mismo, se calculó la frecuencia como la proporción de muestras positivas al parásito mediante la presencia de ooquistas en frotis fecales a partir de los resultados observados por la técnica más sensible.

Resultados y discusión

De las 100 muestras analizadas, se observó una frecuencia del 53% para ZN en frío, 41% para SMB y 9% para SSF. El análisis de Kappa (κ) determinó una mayor concordancia entre las técnicas de ZN y SMB ($\kappa = 0.88$), es decir, 12 de los animales positivos a ZN fueron negativos en SMB. La concordancia entre SMB y SSF fue de $\kappa = 0.34$ y para ZN y SSF de $\kappa = 0.26$ (Cuadro 1). La concordancia entre las técnicas de ZN y SMB, fue observada anteriormente por Rubio, (2010), indicando una mayor sensibilidad para la prueba de ZN sobre la de SMB, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Cuadro 1. Valores de Kappa en comparaciones pareadas de las técnicas de diagnóstico ZN, SMB y SSF para la identificación de ooquistas de *Cryptosporidium* spp en muestras de heces de ganado Holstein.

Ziehl-Neelsen (ZN)	Safranina-Azul de Metileno (SMB)		Índice Kappa
	Positivas	Negativas	
Positivas	41	12	
Negativas	0	47	$\kappa = 0.88$
Ziehl-Neelsen (ZN)	Flotación con Azúcar de Sheather (SSF)		Índice Kappa
	Positivas	Negativas	
Positivas	9	44	
Negativas	0	47	$\kappa = 0.26$
Safranina-Azul de Metileno (SMB)	Flotación con Azúcar de Sheather (SSF)		Índice Kappa
	Positivas	Negativas	
Positivas	8	33	
Negativas	1	58	$\kappa = 0.34$

La técnica SSF fue la que mostró menor porcentaje en recuperación de ooquistas y la de más requerimientos en tiempo y capacitación, contrario a lo descrito por Rekha et al., (2016) que informa que SSF es la técnica más sensible y específica para la detección de ooquistas. La baja tasa de detección de *Cryptosporidium* spp. por SSF en el presente estudio puede deberse a un número reducido de ooquistas, como lo indica Fujino et al., (2006), quién menciona que para que sea confiable, las muestras deben presentar más de 10^3 ooquistas/ml, lo que podría resultar en un alto número de falsos negativos en animales con bajos índices de infección. Ninguna de las muestras negativas en ZN fueron positivas en las técnicas comparadas, lo que demuestra la capacidad de detección de la misma; por otro lado, esta técnica permite procesar múltiples muestras simultáneamente, lo que ahorra tiempo y provee mayor facilidad para los productores, por lo que, para el análisis del total de las muestras, se estableció a la técnica de Ziehl-Neelsen en frío como la más sensible.

La frecuencia general de *Cryptosporidium* spp. en el presente estudio fue del 43.4% (Cuadro 2), mayor a lo que indica Sánchez et al., (2013) (3.1%) en el estado de Guerrero. Con respecto a la frecuencia por edad, se observó un 63.4% en becerros, 34.2% en adultos y 11.4% en vaquillas de 4 a 7 meses; la frecuencia observada en becerras concuerda con diversos estudios donde mencionan que la infección es más frecuente en animales lactantes debido a la inmadurez de su sistema inmune (Castelán-Hernández et al., 2011).

Cuadro 2. Frecuencia por edades y total de ooquistas identificados en muestras fecales de bovinos Holstein.

Edad	Total de Muestras (n)	Muestras positivas	Frecuencia (%)
Becerros (≤ 2 meses)	145	92	63.45
Vaquillas (4 - 7 meses)	70	8	11.43
Adultas (> 7 meses)	73	25	34.25
Total	288	125	43.40

Por último, para determinar la existencia de una relación estadísticamente significativa entre la presencia de diarrea y la presencia del parásito se utilizó Chi-cuadrada (χ^2); considerando como variable dependiente la infección por *Cryptosporidium* spp. y como variable independiente la consistencia de las heces. El porcentaje de animales con diarrea fue de 24.3% (39.3% en becerras; 14.3% en becerras de 4- 7 meses y 4.10% en adultos). El valor de (χ^2) demostró una asociación significativa entre la diarrea y la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. en la población general ($p=0.00027$) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de muestras negativas y positivas a la presencia de *Cryptosporidium* spp. en presencia o ausencia de diarrea en ganado Holstein.

Consistencia	Muestras negativas	Muestras positivas	Total
Heces líquidas	26	44	70
Heces sólidas	137	81	218
Total	163	125	288

Conclusiones

Se concluye que la técnica de Ziehl-Neelsen en frío fue la más fácil de implementar, así como en la que se observaron los ooquistes de forma más clara y, por lo tanto, mayor sensibilidad. La frecuencia general de *Cryptosporidium* fue del 43.4%, donde los animales menores de 2 meses fueron los que presentaron la mayor infección (63.4%). Además, se comprobó que la diarrea está asociada significativamente con la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. La alta frecuencia observada indica la importancia de establecer medidas de bioseguridad en las unidades de producción para evitar el riesgo de infección en humanos.

Agradecimientos

Al M.C. José Eduardo Salazar Vázquez, por las facilidades brindadas en el presente estudio para la recolección de las muestras biológicas. Y a la Lic. en Microbiología Melisa Lachira por su apoyo en la toma y procesamiento de muestras biológicas

Referencias bibliográficas

1. Castelán-Hernández OO, Romero-Salas D, García-Vázquez Z, et al. (2011). Prevalencia de Criptosporidiosis bovina en tres regiones ecológicas de la zona centro de Veracruz, México. *Trop Subtrop Agroecosystems*, 13(3), 261-267.
2. Fujino T, Matsuo T, Okada M, et al. (2006). Detection of a small number of *Cryptosporidium parvum* oocysts by sugar flotation and sugar centrifugation methods. *J Vet Med Sci*. 68(11):1191-3.
3. Maldonado-Camargo S, Atwill ER, Saltijeral-Oaxaca JA, et al. (1998). Prevalence of and risk factors for shedding of *Cryptosporidium parvum* in Holstein Freisian dairy calves in central México. *Prev Vet Med*. 36(2):95-107.
4. Nwosu A, Berke O, Pearl DL, et al. (2019). Exploring the geographical distribution of cryptosporidiosis in the cattle population of Southern Ontario, Canada, 2011-2014. *Geospat Health*. 14(2).
5. Rekha KM, Puttalakshamma GC, D'Souza PE. (2016). Comparison of different diagnostic techniques for the detection of Cryptosporidiosis in bovines. *Vet World*. (2):211-5.
6. Rubio-Guarín D. (2010). Comparación de tres técnicas de tinción para la identificación de *Cryptosporidium* spp., a partir de muestras coprológicas obtenidas en una población infantil de Calarcá Quindío (Tesis de Licenciatura). Repositorio de la Universidad del Quindío. <https://bdigital.uniquindio.edu.co/handle/001/6023?locale-attribute=es>
7. Silverlås C, Bosaeus-Reineck H, Näslund K, et al. (2013). Is there a need for improved *Cryptosporidium* diagnostics in Swedish calves? *Int J Parasitol*. 43(2):155-61.
8. Tarekegn ZS, Tigabu Y, Dejene H. (2021). *Cryptosporidium* infection in cattle and humans in Ethiopia: A systematic review and meta-analysis. *Parasite Epidemiol Control*. 13;14:e00219.

VIABILIDAD REPRODUCTIVA DE LA CRÍA DE ÁCAROS DE VARROA *DESTRUCTOR IN VITRO*.

Jesús Humberto Reyna-Fuentes^{1*}, Cecilia Carmela Zapata-Campos¹, José Octavio Merino-Charrez¹, Fabian Eliseo Olazarán-Santibáñez¹, Daniel López-Aguirre².

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Carretera Victoria-Mante km 5, ejido Santa Librada, Cd. Victoria Tamaulipas, México, C. P. 87274; ²Facultad de Ingeniería y Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Campus del Centro Universitario, Cd. Victoria Tamaulipas México. C. P. 87149.

*Autor para correspondencia: jesushumbertoreyna@gmail.com

Palabras clave: Ácaros, crianza artificial, laboratorio.

Introducción

El ácaro *Varroa destructor* es la principal amenaza para la salud de las abejas melíferas, ya que se alimenta del cuerpo graso y hemolinfa del hospedador, consumiendo casi un microlitro diario, lo cual reduce el periodo de vida de las abejas hasta un 25%. Los altos niveles de infestación por parte de *V. destructor* ocasionan decrementos en los niveles productivos de las colonias de abejas, así como también, un mal manejo en los métodos de control puede ocasionar un colapso de la colonia en un periodo no mayor a dos años. Hasta el momento, ningún protocolo sanitario ha podido erradicar en su totalidad la presencia de ácaros de *V. destructor*. Con la finalidad de reducir las aplicaciones de insecticidas químicos, el uso de productos derivados de plantas los cuales contienen sustancias que son degradadas en el medio ambiente y no suelen representar efectos negativos en organismos no objetivo, como las abejas, se promueven como una estrategia viable para que los apicultores controlen los porcentajes de infestación para *Varroa destructor*. La búsqueda y análisis de tratamientos de compuestos fitoquímicos ha sido constante, ya que la finalidad es mitigar los efectos negativos de este ácaro. A su vez, la obtención de ácaros de *Varroa destructor* para fines experimentales puede variar dependiendo las zonas, estaciones y condiciones climatológicas, además de que se requiere mucho tiempo y en ocasiones los costos pueden ser elevados (Dietemann *et al.*, 2013).

Objetivo

Evaluuar la viabilidad y conducta reproductiva del ácaro de *Varroa destructor* bajo condiciones de laboratorio, mediante el uso de cápsulas de gelatina con una y doble infestación por pupa de abeja (5° estadio).

Materiales y métodos

Se recolectaron bastidores de cría de 5 a 10 colmenas infestadas por *Varroa destructor* (porcentajes superiores al 6%) las cuales no recibieron tratamientos en un periodo ≥ 6 meses. Las tasas de infestación fueron determinadas mediante el uso de la metodología de De Jong (1984). Posteriormente obtenidas las tasas de infestación, se tomaron bastidores de cría cerrada (pupa) de las colmenas y fueron llevados al laboratorio. Con la finalidad de recolectar los ácaros, se expusieron de las celdillas con el uso de pinzas entomológicas. De esta manera, los ácaros fueron recogidos con un pincel fino y transferidos a placas tipo Petri Falcon 50 x 9 mm. A la par, se utilizaron marcos de cría los cuales presentaban una elevada proporción de larvas (5° estadio). Se colocaron las mitades inferiores de las cápsulas de gelatina del tamaño "0" (7 mm de diámetro exterior [DE]; Now Foods, Bloomingdale, IL, EE.UU.) sobre las celdas de larvas de quinto estadio antes de sellarlas. Posteriormente, se colocaron horizontalmente, con las cápsulas hacia abajo, en una incubadora a 34,5 °C durante 2 a 5 h. De este modo, el traslado de las larvas hacia el interior de las cápsulas sólo dependía de los movimientos giratorios y no implicó ninguna manipulación. Las hembras de *Varroa* sp. se introdujeron individualmente en una cápsula de gelatina que contuviera una larva (T1; una Varroa por cápsula. T2; dos Varroa por cápsula). Posteriormente, se realizaron orificios de ventilación a las cápsulas con el uso de un alfiler para insectos del número 2 (BioQuip, Rancho Dominguez, CA, EE.UU.) y se colocaron verticalmente en una gradilla y se mantuvieron en incubación a 34.5 °C y 75% HR hasta la emergencia de la abeja (12º dfa). Transcurridos 12 días, se abrieron las cápsulas y se inspeccionaron con un microscopio de disección para comprobar si la abeja y la hembra Varroa estaban vivas y así determinar la presencia, el número y el estado de desarrollo de los ácaros.

Análisis estadísticoTodos los datos se analizaron mediante modelos lineales mixtos generalizados implementados en Proc GLIMMIX (SAS/STAT v.14.1; SAS Institute, Cary, NC, EE.UU.) utilizando la función de distribución binaria con la función de enlace logit por defecto. Las proporciones de supervivencia y reproducción se analizaron como variables binarias (con respuesta Sí/No), mientras que los datos de crías se tratarán como datos de recuento. En donde las variables de respuesta fueron; descendencia de *Varroa*

sp., presencia de macho en la cápsula, número de hijas (varroas) por cada cápsula y mortalidad de la pupa (abeja).

Resultados

Cuadro 1. Descendencia de ácaros de *Varroa destructor*, mediante una y doble infestación
Reproducción de ácaros de *Varroa destructor*

Modelo				Valor p
Poisson				<0.0001
Variable (# ácaro)	Media	EEM	Valor p	
1	1.40 ^b	0.01	<0.0001	
2	2.02 ^a	0.01	<0.0001	

Las medias en cada columna con literales diferentes son significativas ($p < 0.05$). EEM. Error estandar de la media muestral.

Cuadro 2. Evaluación de mortalidad de pupas con dos tratamientos.

Mortalidad de pupa de <i>Apis mellifera</i>			
Variable (Pupa viva)	Media	EEM	Valor p
1 ácaro	0.73 ^a	0.03	0.0040
2 ácaros	0.86 ^a	0.02	0.0007
Pupa sin ácaros	0.40 ^b	0.04	0.09
Odds Ratio		3.25	
χ^2			0.0003

Las medias en cada columna con literales diferentes son significativas ($p < 0.05$). EEM. Error estandar de la media muestral.

Cuadro 3. Evaluación reproductiva de *V. destructor* con una o dos ácaros madre.

Reproducción de ácaro madre			
Variable (ácaro madre)	Media	EEM	Valor p
1 ácaro	0.80 ^b	0.05	0.016
2 ácaros	0.93 ^a	0.03	0.009
Odds Ratio		3.50	
χ^2			0.14

Las medias en cada columna con literales diferentes son significativas ($p < 0.05$). EEM. Error estandar de la media muestral.

Cuadro 4. Presencia de *V. destructor* macho en cápsulas de gelatina.

Presencia de macho			
Variable (ácaro macho)	Media	EEM	Valor p
1 ácaro	0.66 ^b	0.04	0.018
2 ácaros	0.86 ^a	0.02	0.001
Odds Ratio		3.25	
χ^2			0.07

Las medias en cada columna con literales diferentes son significativas ($p < 0.05$). EEM. Error estandar de la media muestral.

Discusión

El promedio de descendencia en las cápsulas con doble infestación osciló en 1.97 ácaros, así como 1.32 en las cápsulas con un solo ácaro madre. La tasa de supervivencia y descendencia de *Varroa destructor*, aumentó a medida que la larva de *A. mellifera* sobrevivía. La tasa de mortalidad de pupas de abejas no representó diferencias significativas cuando se introdujo un segundo ácaro en las cápsulas. La proporción de cápsulas en las que se inició la reproducción fue significativamente diferente entre los dos tratamientos de infestación. Los resultados del presente, concuerdan con lo descrito por Piou y Vitellard (2020), quienes reportan un 94.3% de reproducción de ácaros madre con la adición de dos ácaros y un 75.9% de reproducción con la presencia de un ácaro. Los resultados muestran diferencias significativas entre los tratamientos, ya que los machos se observan con mayor frecuencia en las cápsulas con doble infestación de ácaros. En conclusión, el porcentaje de cápsulas con machos en el día 12 fue más elevado en el caso de la doble infestación que en el de la infestación con un solo ácaro de *Varroa destructor*, lo que indica como se demostró una mayor proporción de ácaros fecundados. De esta manera, confirmamos que el número de ácaros apareadas por hembra también se ve afectado por la baja supervivencia de las crías del macho.

Conclusiones

El presente trabajo de provee información para el desarrollo metodológico de la cría de ácaros de *Varroa destructor*, con la finalidad de obtener ácaros de experimentales con una mayor facilidad, especialmente durante los periodos en que son difíciles de encontrar. Los resultados muestran que la cría de *Varroa destructor in vitro* mediante el uso de cápsulas de gelatina es una herramienta útil para futuros trabajos de investigación, con modificaciones adicionales como el manejo de la humedad relativa, la adición de algún sustrato que potencialice la viabilidad de larvas de *Apis mellifera*, entre otros. Se concluye que infestar artificialmente las cápsulas con dos ácaros aumenta el número de hembras apareadas por ácaro madre, debido a la probabilidad de tener al menos un ácaro madre viva, la cual mantenga alimentada a la descendencia. En conclusión, los valores de supervivencia y éxito reproductivo registrados de ácaros, indican que este método de cría es adecuado para analizar parámetros biológicos de *V. destructor* en estudios que implican un número elevado de ácaros adultos, varias generaciones y ciclos reproductivos.

Agradecimiento

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento parcial del presente proyecto. De igual manera, a la FMVZ-UAT por permitir estudiar al primer autor sus estudios Doctorales.

Referencias bibliográficas

1. Piou, V., & Vétillard, A. (2020). *Varroa destructor* rearing in laboratory conditions: importance of foundress survival in doubly infested cells and reproduction of laboratory-born females. *Apidologie*, 51(6), 968–983. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00775-0>.
2. Piou, V., Tabart, J., Urrutia, V., Hemptinne, J-L., Vétillard, A. (2016) Impact of the phoretic phase on reproduction and damage caused by *Varroa destructor* (Anderson and Trueman) to its host, the European honey bee (*Apis mellifera* L.). *PLoS One*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153482>.
3. Nazzi, F., & Milani, N. (1994). A technique for reproduction of *Varroa jacobsoni* Oud under laboratory conditions. *Apidologie*, 25(6), 579–584. <https://doi.org/10.1051/apido:19940608>.

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN ENSAYO INMUNOENZIMÁTICO INDIRECTO PARA LA SERODETECCIÓN DE DELTACORONAVIRUS PORCINO.

José Bryan García Cambrón^{1*}, Francisco Jesús Castañeda-Montes², José Luis Cerriteño-Sánchez³, Julieta Sandra Cuevas-Romero³, María Azucena Castañeda-Montes⁴, Susana Elisa Mendoza Elvira⁵.

¹Posgrado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I). ²Programa de “Estancias Posdoctorales por México para la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México” CONAHCYT. ³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Ciudad de México. ⁴Dirección de Procesos Alimentarios y Química Área Biotecnología. Unidad Académica de Capulhuac, Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Estado de México. ⁵Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Estado de México, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor para correspondencia: cerriteno.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: PDCoV, proteína recombinante, iELISA.

Introducción

Deltacoronavirus porcino (PDCoV) es un virus emergente que causa diarrea, vómitos y deshidratación. Estos signos son más severos en los lechones causando mortalidades >40% ocasionando graves pérdidas económicas. Diversos estudios han demostrado que la proteína M es altamente conservada por lo que se puede utilizar como antígeno recombinante en un sistema inmunoabsorbente ligado a enzimas^{1,2,3}. Aunque en México se sabe de la presencia de PDCoV, no se han llevado a cabo estudios en animales de producción debido a la falta de sistemas diagnósticos. Tampoco existe una prueba oficial para la detección de PDCoV. En este estudio por primera vez, se desarrolló un ensayo inmunoenzimático indirecto (ELISAi) con la finalidad de obtener un sistema diagnóstico que permita la detección de cerdos seropositivos a PDCoV .

Objetivo.

Desarrollo y aplicación de un ELISA indirecto para la seroevaluación de Deltacoronavirus porcino (PDCoV)

Materiales y métodos

Para este estudio, la proteína recombinante de membrana (*r*M-PDCoV) se sobreexpresó utilizando el vector de expresión pET-SUMO y *E. Coli* BL21 como sistema de expresión, las células se cultivaron en medio LB por 24 h. Las células fueron homogeneizadas en GAULIN a 800 kg/m³. Una vez obtenida la *r*M-PDCoV se purificó mediante una columna HisTrap® de agarosa Niquel-NTA. La confirmación de *r*M-PDCoV se realizó mediante tinción con azul de Coomassie G-250 en geles SDS-PAGE al 12% y Western blot (WB), utilizando anticuerpo anti-Histidinas. Con *r*M-PDCoV como antígeno se realizó la estandarización y validación del ensayo ELISA indirecto (iELISA). Se utilizaron diferentes concentraciones de *r*M-PDCoV (25, 50 y 75 ng/pozo), diferentes diluciones de suero (1:500, 1:1000 y 1:2000), así como diferentes diluciones de anticuerpo conjugado (1:15,000, 1:17,000, 1:20,000). Con las condiciones obtenidas se determinó la Sensibilidad, Especificidad (mediante una tabla de contingencia), el punto de corte y el índice Kappa (K) en 30 sueros positivos y 30 sueros negativos analizados anteriormente mediante Western blot como sueros de referencia. La absorbancia de cada muestra analizada se expresó como porcentaje de positividad (PP), tomado un suero de referencia altamente positivo. El PP se calculó de la siguiente manera: PP = [RA/MA]*100. De esta forma, RA es la réplica del valor de absorbancia del suero problema y MA es el valor de absorbancia mediana del control positivo⁴.

Resultados y discusión

En este estudio se desarrolló por primera vez un sistema de diagnóstico inmunoenzimático (ELISA) para la detección de anticuerpos específicos contra PDCoV basado en una proteína recombinante (*r*M-PDCoV). Se obtuvieron nuevos lotes de proteína recombinante, los cuales fueron evaluados mediante SDS-PAGE y Western blot (Figura 1). Posteriormente, se estandarizó el ELISAi para obtener las condiciones óptimas, las cuales fueron las siguientes: 75 ng/pozo de *r*M-PDCoV, diluciones 1:500 de sueros y dilución 1:15,000 de anticuerpo secundario (anti-pig IgG- HRP). Las condiciones óptimas (antígeno 75 ng/pocillo, dilución de suero 1:500 y dilución de anticuerpo conjugado 1:15,00) fueron similares a los resultados obtenidos por

García-González. E. et al. (antígeno 75 ng/pocillo; dilución de suero 1:200 y dilución de anticuerpo conjugado 1:10.000) para una proteína NTD-S recombinante de un PEDV utilizada en un iELISA⁵.

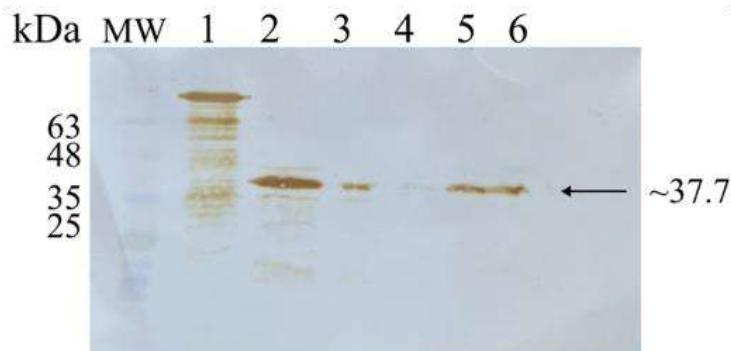


Figura 1. Purificación de diferentes lotes de rM-PDCoV. Los diferentes lotes de rM-PDCoV se obtuvieron y confirmaron mediante Western blot. Línea 1: un control positivo, línea 2: rM-PDCoV antes de la purificación, líneas 2 a 6: diferentes lotes de rM-PDCoV con un peso molecular de ~37,7 kDa marcado con una flecha negra.

Por otro lado, las diluciones de suero utilizadas en este estudio fueron similares a las utilizadas por Mingjun Su. et al. en un ELISA para una proteína N-PDCoV recombinante⁶. Posterior a la estandarización del ELISA, se seleccionaron al azar 30 sueros positivos y 30 sueros negativos en el ensayo iELISA para obtener el valor de corte. El valor de corte obtenido en este estudio fue de 0.3732 ± 3 SD (OD450nm) y 14.3137% como porcentaje de positividad (PP) (Figura 2). Asimismo, el valor de corte utilizado para discriminar entre muestras de suero positivas y negativas (0,3732) fue similar al obtenido (0,34) por Anil Thachil, et al. 2015⁷

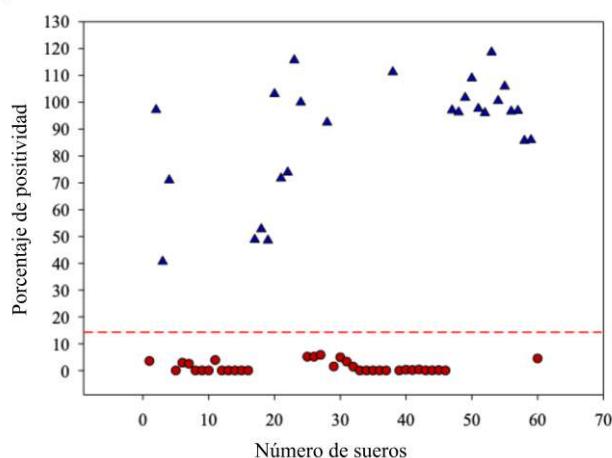


Figura 2. Distribución de los sueros de 30 positivos (triángulos azules) y 30 negativos (puntos rojos). Se seleccionaron muestras positivas y negativas por encima o por debajo del valor de corte (línea roja discontinua), respectivamente.

De igual forma, con estos sueros se determinó la sensibilidad, especificidad y el índice de concordancia K. El índice K oscila de 1 (máxima concordancia) a 0 (concordancia igual a la esperada por azar) (Figura 3).

	DCoVP Positivos	DCoVP Negativos	Total
Sueros positivos	24	6	r = 30
Sueros negativos	0	30	s = 30
Total	t = 24	u = 36	N = 60
Sensibilidad	$\% \text{ sensitivity} = \left[\frac{24}{24 + 0} \right] * 100 = 100\%$		
Especificidad	$\% \text{ specificity} = \left[\frac{30}{6 + 30} \right] * 100 = 83.33\%$		
Índice Kappa	$K = 0.9 - \frac{0.0166}{1 - 0.0166}$ $P_o = \frac{(24 + 30)}{60}$ and $P_e = \frac{30 + 24 + 30 + 36}{(60)^2}$ K = 0.8831		

Figura 3. Determinación del porcentaje de sensibilidad (100%), especificidad (83.33%) e índice kappa (0.8831). En la figura se puede observar la fórmula utilizada para determinar sensibilidad y especificidad.

Se ha mencionado que los ELISA basados en proteínas estructurales recombinantes aumentan la especificidad, sin embargo, la sensibilidad puede verse reducida debido a la heterogenicidad de los aislados de virus⁵. Sin embargo, en este estudio los porcentajes de sensibilidad y especificidad fueron del 100% y 83.33%, respectivamente, y el índice de concordancia Kappa (0.88) no se vio afectada al utilizar el rM-PDCoV como antígeno. Además, para que una prueba sea estadísticamente aceptable, la suma de los valores de sensibilidad y especificidad debe ser al menos 1.5 (<1 indica una prueba inútil y 2, indica una prueba perfecta)⁸. En este estudio, obtuvimos un valor de 0.833 para la sensibilidad y 1.0 para la especificidad, lo que dio una suma de 1.833, lo que sugiere un soporte estadístico aceptable. Por tanto, el ELISAi desarrollado en este estudio es adecuado para detectar sueros seropositivos de PDCoV.

Conclusiones

Los resultados anteriores indican que rM-PDCoV es adecuada para su uso como antígeno en un ensayo ELISA indirecto para la detección de anticuerpos específicos contra PDCoV en muestras de cerdos y tiene el potencial para desarrollar un sistema de detección oportuno, así como para determinar la seroprevalencia de la enfermedad.

Agradecimientos y fuente financiadora

CONAHCYT Estancias Posdoctorales por México para la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México. Este proyecto fue parcialmente financiado por CENID-SAI INIFAP Proyectos de apoyo a la investigación No. 1259436381.

Referencias bibliográficas

1. H. Dong et al., 2016,
2. Takano et al., 2014
3. Zhang et al., 2012
4. Mozsik, 2021
5. García-González et al., 2023
6. Su et al., 2016
7. Thachil et al., 2015
8. Power et al., 2013.

ANÁLISIS DE LA MICROBIOTA DEL TRACTO RESPIRATORIO EN AVES DE COMBATE.

Perla Yolotzin López-Mejía¹, Fabian Ricardo Gómez-De-Anda¹, Vladimir Morales-Erasto², Nydia Edith Reyes-Rodríguez¹, Vicente Vega-Sánchez^{1*}.

¹Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor para correspondencia vicente_vega11156@uaeh.edu.mx

Palabras clave: Identificación bacteriana, tracto respiratorio, gallos de combate.

Introducción

Las enfermedades del tracto respiratorio causan un gran impacto económico en la industria avícola (Sid, 2015), en el caso particular de aves de combate los programas de medicina preventiva en su mayoría son nulos o deficientes, por lo cual, los cuadros clínicos que se pueden presentar son de forma aguda o crónica, presentando signos clínicos y/o lesiones graves en tracto respiratorio y/o sistémicos, lo que repercute en la salud de las aves y por ende en sus parámetros productivos (Derksen et al., 2017; Yehia et al., 2023).

Los principales agentes asociados a estos cuadros respiratorios pueden ser virales o bacterianos, considerando que muchos de ellos son asociados a patógenos primarios, sin embargo, las complicaciones en los tratamientos y cuadros clínicos se describen cuando se presentan coinfecciones. Son pocas las bacterias que pueden llegar a actuar como agentes primarios, como es el caso de *Mycoplasma* spp. y *Pasteurella multocida* (Sid, 2015), se han reportado coinfecciones asociadas a bacterias de la microbiota del tracto respiratorio que se consideran como secundarias, complicando los cuadros clínicos (Yehia et al., 2023) incrementando las morbilidades y mortalidades dependiendo el agente implicado (Abdelaziz et al., 2019); un ejemplo de ello es la enfermedad más común denominada Bronquitis Infecciosa Aviar donde la sinergia de *E. coli* y *O. rhinotracheale*, causan un 100% de morbilidad y de un 25-80% de mortalidad en aves de todas las edades (Abdelaziz et al., 2019).

Por lo anterior cabe mencionar que no existen muchos documentos que nos brinden la información necesaria sobre aves de combate y las bacterias que podemos encontrar en el tracto respiratorio.

Objetivo

Este estudio tiene como objetivo identificar las principales bacterias asociadas a la microbiota del tracto respiratorio de aves y destacar las que tienen un potencial para complicar los cuadros respiratorios.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó en 2 galleras ubicadas en los Municipios de Acaxochitlán y Mineral del Monte, ambos pertenecientes al Estado de Hidalgo, se seleccionó el 10% de las aves clínicamente sanas presentes en cada una de las galleras, en la gallera A se obtuvieron 37 muestras y de la gallera B fueron 22 aves de combate, teniendo un total de 59 muestras, las aves se muestrearon por medio de hisopado de la hendidura palatina, las muestras fueron trasladadas en el medio de transporte estéril y mantenidas de 2-8 °C para su procesamiento; posteriormente fueron sembradas en Base de Agar Sangre adicionado al 5% de sangre de ovino y Agar MacConkey e incubadas a 37 °C durante 24-72 horas en micro anaerobiosis (Abdelaziz et al., 2019).

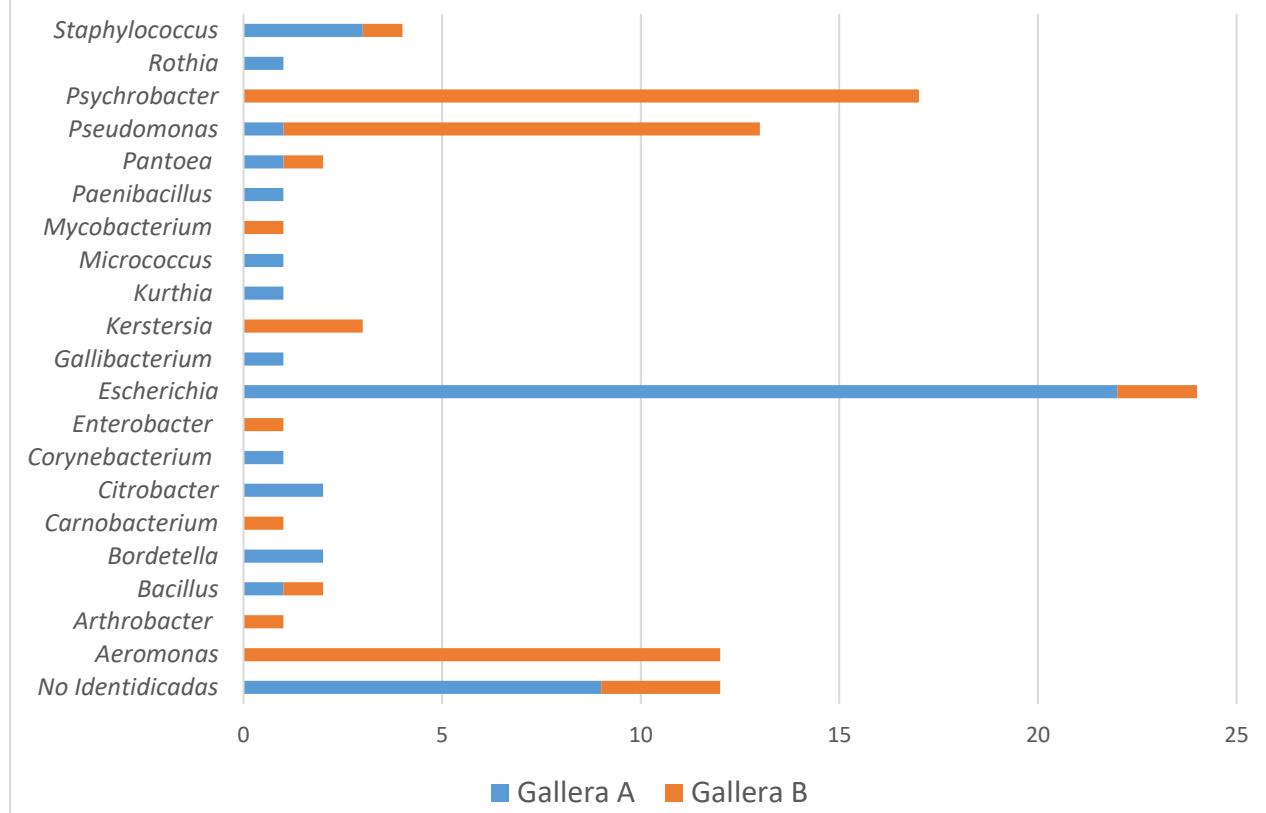
Se revisaron las placas a las 24, 48 y 72 horas y se tomaron colonias con morfología diferente y posteriormente se resembraron en Base de Agar Sangre adicionado al 5% de sangre de ovino y Agar MacConkey e incubadas a 37 °C durante 24 horas en micro anaerobiosis, este paso se repitió hasta que se obtuvieron cultivos axénicos. Las colonias con un crecimiento menor de 48 horas fueron remitidas al Departamento de Microbiología e Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM para la identificación de los aislados por espectrometría de masas en el equipo MALDI TOF Autof ms1000 (Autobio, China).

Resultados y discusión

En el presente estudio se lograron aislar 99 cepas con morfología diferente, identificando 20 géneros bacterianos; de igual forma se identificó variaciones de estos géneros entre las galleras (A y B); donde los

posibles factores implicados para la diversidad son las medidas de bioseguridad aplicadas en la unidad de producción, las condiciones de manejo y las edades de las aves (Derksen et al., 2017).

Géneros presentes en microbiota de tracto respiratorio



Gráfica 1 Géneros de bacterias identificados por medio de MALDI-TOF de la gallera A y gallera B en aves de combate.

En la gallera A se identificaron los géneros; *Bacillus*, *Bordetella*, *Citrobacter*, *Corynebacterium*, *Escherichia*, *Gallibacterium*, *Kurthia*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rothia*, *Staphylococcus*; en la gallera B fueron identificados los géneros; *Aeromonas*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Carnobacterium*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Kerstersia*, *Mycobacterium*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Psychrobacter* y *Staphylococcus*. Se puede observar que en la gallera A el género que se encuentra en mayor presencia es *Escherichia coli*, obteniendo 22 aislados y en la gallera B es *Psychrobacter* con 17 aislados.

De acuerdo a los resultados obtenidos se confirma la presencia de agentes causantes de infecciones y coinfecciones importantes, como lo son *B. avium* que es asociado a procesos respiratorios complicados, este agente causa la enfermedad de bordeteliosis que es altamente contagiosa y ha sido reportado en el tracto respiratorio superior de pavos y pollos (Yehia et al., 2023). *E. coli* se presenta con mayor incidencia que suele tener efectos sinérgicos antes, durante y después de la infección primaria (Abdelaziz et al., 2019).

Bacterias oportunistas como *Psychrobacter*, *Rothia*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, se encontraron en aves de combate de igual forma se han descrito en pavos con mayor incidencia (Kursa et al., 2022). Sin embargo, el conocimiento que se tiene sobre la microbiota respiratoria en aves de corral es escasa y nula ya que esta información está limitada a aquellas con función de producción de carne y huevo.

Conclusiones

El conocimiento del microbioma en tracto respiratorio es crucial para prevenir la colonización por patógenos respiratorios. Las infecciones del tracto respiratorio pueden ser multifactoriales e involucrar a muchos agentes, o una combinación de factores ambientales, de bioseguridad, manejo zootécnico y fisiológicos. El estudio realizado ha proporcionado datos que pueden ser utilizados para investigaciones futuras que permitan comprender el microbioma respiratorio de las aves de combate. Al analizar la composición bacteriológica encontrada se reafirma la importancia de realizar medicina preventiva, ya que la mayoría de los problemas en estas unidades de producción surgen de una mala praxis en el manejo de las parvadas.

Agradecimientos

Al departamento de Microbiología e Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto.

Referencias bibliográficas

1. Sid H., Benachour K., Rautenschlein S. La coinfección con múltiples patógenos respiratorios contribuye al aumento de las tasas de mortalidad en las bandadas de aves de corral argelinas. Enfermedad aviar. 2015; 59: 440–446. Doi: 10.1637/11063-031615-Caso.1.
2. Abdelaziz AM, Mohamed MHA, Fayed MM, Al-Marri T, Qasim I, Al-Amer AA. Molecular survey and interaction of common respiratory pathogens in chicken flocks (field perspective). Vet World. 2019 Dec;12(12):1975-1986. Doi: 10.14202/vetworld.2019.1975-1986.
3. Derksen T, Lampron R, Hauck R, Pitesky M, Gallardo R. A. "Biosecurity Assessment and Seroprevalence of Respiratory Diseases in Backyard Poultry Flocks Located Close to and Far from Commercial Premises," Avian Diseases. 2017 November 30; 62(1), 1-5. Doi: <https://doi.org/10.1637/11672-050917-Reg.1>
4. Yehia N, Salem HM, Mahmmod Y, Said D, Samir M, Mawgod SA, Sorour HK, AbdelRahman MAA, Selim S, Saad AM, El-Saadony MT, El-Meihy RM, Abd El-Hack ME, El-Tarabily KA, Zanaty AM. Common viral and bacterial avian respiratory infections: an updated review. EPub. 2023 Feb 1Poult Sci. 102(5):102553. Doi: 10.1016/j.psj.2023.102553.
5. Kursa O, Tomczyk G, Adamska K, Chrzanowska J, Sawicka-Durkalec A. The Microbial Community of the Respiratory Tract of Commercial Chickens and Turkeys. Microorganisms. 2022 May 8; 10(5):987. Doi: 10.3390/microorganisms10050987.

USO DE ANTIBIÓTICOS ENTRE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE ZONAS RURALES EN QUERÉTARO, MÉXICO.

Miguel Galarde-López^{1*}, Brenda Yoselin Cruz-Monsalvo², María Elena Velazquez-Meza³, José Alfredo Carranza-Velázquez², Federico Alonso Zumaya-Estrada³, Berta Alicia Carrillo-Quiroz³, Sara Claudia Herrera-García⁴, Celia Mercedes Alpuche-Aranda³

¹CENID-SAI-INIFAP, ²CEIEPAA-FMVZ-UNAM, ³CISEI-INSP, ⁴FMVZ-UNAM

*Autor para correspondencia: galarde.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Resistencia antimicrobiana; ganadería rural; salud pública.

Introducción

La resistencia antimicrobiana (RAM) es un problema de salud pública que subyace en el concepto “Una Salud”, principalmente bacterias resistentes a los antibióticos con potencial zoonótico.^{1,2} Los antibióticos son utilizados en el control, tratamiento y prevención de enfermedades bacterianas en las unidades de producción animal, y se ha reportado su uso como promotores de crecimiento, lo cual contribuye podría contribuir al incremento de la RAM.^{3,4} Proporcionar información sobre el uso de antibióticos en un sector de la población, como los pequeños productores, ayudará a identificar el patrón de uso y proponer posibles iniciativas centradas en los programas de optimización del uso de antimicrobianos.

Objetivo

Identificar los patrones de uso de antibióticos en granjas ganaderas a pequeña escala en Querétaro, México.

Materiales y métodos

Estudio transversal descriptivo en 50 granjas ganaderas a pequeña escala en el municipio de Tequisquiapan, Querétaro; México. Entre mayo y octubre del 2022. Muestreo a conveniencia, no probabilístico, las granjas ganaderas a pequeña escala fueron seleccionadas mediante la metodología Respondent-Driven Sample (RDS) la cual se basa en que cada persona encuestada hace referencia a nuevos sujetos que se incluirán en la muestra. Se aplicó una encuesta cara a cara, estructurada en cinco secciones: i) perfil de los pequeños productores, ii) características de las granjas ganaderas a pequeña escala, iii) uso de antibióticos, iv) prescripción de antibióticos y v) inventario de los antibióticos almacenados. Los datos colectados fueron procesados y analizados en el programa estadístico STATA (v.15). Se realizaron análisis descriptivos de las variables.

Resultados y discusión

El 92.0% de los ganaderos a pequeña escala fueron hombres, con rango de edad de 23–88 años (mediana 58.5, RIQ 49 – 64.5). El 74.0% de los ganaderos a pequeña escala tenían un nivel básico de escolaridad. El censo animal estuvo constituido por 968 animales.

Se registraron 142 antibióticos diferentes almacenados. Se encontraron 14 diferentes sustancias activas, de nueve clases de antibióticos. El 34% (49/142) fueron penicilina, 19% (27/142) oxitetraciclina, 13% (19/142) gentamicina, 9.8% (14/142) florfenicol y 8% (12/142) enrofloxacina. Alrededor del 50% de los antibióticos almacenados tienen una clasificación de “vigilancia” en la herramienta AWaRe de la Organización Mundial de la Salud. El 78% de los pequeños ganaderos tiran los frascos de antibióticos vacíos a la basura.

Conclusiones

Nuestro estudio demostró que los pequeños ganaderos tenían un uso importante de cefalosporinas, tetraciclinas y fluoroquinolonas de tercera generación; antibióticos considerados “de vigilancia” por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Agradecimientos

Agradecemos a la Asociación Ganadera Local de Tequisquiapan; Querétaro, por el apoyo brindado a la MVZ Brenda Cruz-Montalvo durante su estancia en Servicio Social. También agradecemos a los

productores ganaderos que han contribuido constantemente a las actividades de extensión del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA).

Referencias bibliográficas

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Resistencia a los antimicrobianos . Rev Investig Agropecu . 2017;43(1). Accessed May 28, 2020. http://www.fao.org/antimicrobial_resistance
2. Okello E, Williams DR, ElAshmawy WR, et al. Survey on Antimicrobial Drug Use Practices in California Preweaned Dairy Calves. Front Vet Sci. 2021;8:328. doi:10.3389/fvets.2021.636670
3. Van Boeckel TP, Brower C, Gilbert M, et al. Global trends in antimicrobial use in food animals. Proc Natl Acad Sci U S A. 2015;112(18):5649 5654. doi:10.1073/pnas.1503141112
4. Velazquez Meza ME, Galarde López M, Carrillo Quiróz B, Alpuche Aranda CM. Antimicrobial resistance: One Health approach. Vet World. 2022;15:743 749. doi:10.14202/vetworld.2022.743 749

IDENTIFICACIÓN DE *ESCHERICHIA COLI* ENTEROHEMORRÁGICA EN CANALES Y HECES DE CERDOS FAENADOS EN UN RASTRO MUNICIPAL EN LA ZONA CENTRO DE MÉXICO.

José Manuel González Esquivel¹ Aline García-Cerón¹, Vicente Vega-Sánchez¹, Fabián Ricardo Gómez-de-Anda¹, Nydia Edith Reyes-Rodríguez^{1*}.

¹ICAP, UAEH; Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ex-Hda. de Aquetzalpa AP 32, CP 43600, Tulancingo Hgo.

*Autor para correspondencia: nydia_reyes@uaeh.edu.mx

Palabras clave: *E. coli*, enterohemorrágica, canales, cerdos.

Introducción

Los agentes causales de enfermedades diarreicas son temas de importancia médica a nivel mundial, los sectores de la población que se encuentran más vulnerables son aquellos que su sistema inmune este en desarrollo, se encuentre inmaduro o este inmunosuprimido; de acuerdo con la OMS (2024), las enfermedades diarreicas agudas (EDA) causan aproximadamente 1,700 millones de casos cada año tan solo en niños, constituyendo la segunda causa de muerte en niños con 443 832 defunciones en menores de cinco años, compitiendo en números con las infecciones respiratorias agudas.

De acuerdo al Consejo Mexicano de la Carne (2023), la carne de cerdo, es una de las tres principales carnes rojas de consumo en México, es una fuente importante de proteínas, minerales, vitaminas entre otros nutrientes. Se estima que existen 979.3 mil unidades de producción con cría y explotación de animales en México, de las cuales 580.9 mil están dedicadas a la producción de porcino para carne, con un consumo nacional por persona alcanzó 22.1 kg, esta demanda es cubierta en un 55% por la producción Nacional cuyos métodos de faenado son realizados por unidades tipo Inspección Federal, por unidades de sacrificio municipales y mataderos.

Tratando de cumplir con la demanda poblacional, los métodos estipulados de faenado de la carne se pueden ver incumplidos de manera parcial o total, el cual provoca una contaminación cruzada en las canales por agentes patógenos de distinta índole y que están presentes de manera natural del sistema digestivo en mamíferos; dentro de los agentes bacterianos que pueden llegar a producir diarrea en la población infantil se incluye *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) este es un patógeno intestinal no invasivo que detecta hábilmente pequeñas moléculas para colonizar el intestino grueso del humano; después de consumir agua o alimentos contaminados dependiendo del serotipo es la presentación de la enfermedad y llega a causar diarrea con sangre, colitis hemorrágica y >90 % síndrome urémico hemolítico en humanos

Objetivo

Determinar la presencia de *Escherichia coli* enterohemorrágica presentes en canales y heces de cerdos faenados en un rastro municipal de la zona centro de México.

Materiales y métodos

Las muestras fueron obtenidas en un rastro municipal de la zona centro de México y se calculó el tamaño de muestra considerando una prevalencia de 13.50 % y un nivel de confianza del 98% y una matanza de 4800 animales mensualmente; teniendo un tamaño de muestra mínimo de 27, sin embargo se redondeó en 30 muestras, y fueron tomadas en 2 visitas (15 por visita de canal y heces) teniendo un total de 60 muestras emparejadas de la canal (n=30) y heces (n=30), estas fueron tomadas después del lavado final de la canal. Para las canales se usó el método no destructivo con hisopo en peptona al 0.1%+NaCl al 0.85%, tomando en 4 zonas (pernil, vientre, lomo y cabeza), en cada área se frotó una superficie de 100 cm² empleando un cuadrado estéril para delimitar el área a frotar (10 x 10 cm²) y una gasa estéril; para heces se colectó 1 g y se colocó en peptona al 0.1%+NaCl al 0.85%, en seguida las muestras fueron mantenidas a 4 °C para su transporte, posteriormente se incubaron 24 h a 37 °C, pasado este periodo cada muestra se estrió en agar MacConkey y se incubó 24 h a 37°C, se tomaron todas las colonias aisladas con las siguientes características: que sea fermentador de lactosa el cual da colonias rosadas rojizas y puede observarse halo de precipitación biliar y que sean diferentes en tamaño. Las colonias confirmadas con el perfil de *Escherichia coli* se estriaron en agar MacConkey-sorbitol incubando 24 h a 37°C y se tomaron las colonias incoloras y se procesaron para su crioconservación.

Resultado y discusión

Los consumidores, los gobiernos y la industria alimentaria consideran que la seguridad alimentaria es de suma importancia por lo que se debe de implementar las Buenas Prácticas de Manufactura/Producción y diversas intervenciones por parte de las instalaciones de rastros debido a que desempeñan un papel importante en la mejora de la seguridad de los productos cárnicos. Por lo que se deben utilizar estudios como este para determinar los niveles microbianos de organismos comensales y la prevalencia de patógenos.

En este estudio se obtuvieron un total de 187 cepas de *Escherichia coli* el cual 55.1 % corresponde a partir de heces y 44.9 % a partir de anal, de estas se obtuvo que el 5.35 % (10/187) fueron sospechosos a *Escherichia coli* enterohemorrágica (Tabla 1), resaltando que en todas las visitas se encontraron cepas de *Escherichia coli*.

Tabla 1. Prevalencia de cepas sospechosas a *Escherichia coli* enterohemorrágica encontrada en canales y heces de un rastro de la zona centro de México.

Muestreo	Origen	No. de Muestras	Cepas de <i>Escherichia coli</i>	Colonias sospechosas a EHEC	# de canal	% EEH en canal
1	Canal	15	47	3	9,12,15	20.00
1	Heces	15	57	4	1, 5, 9,14	26.67
2	Canal	15	37	1	13	6.67
2	Heces	15	46	2	11, 13	13.33
Total		60	187	10		

Essendoubi et al. (2020), menciona que la presencia de ECHE en una canal podría deberse a múltiples fuentes, como la contaminación del propio tracto intestinal del cerdo durante la evisceración o la contaminación cruzada en equipos de otros cerdos o de otras especies en la instalación aunado a esto la incidencia de ECHE en las canales de cerdo es baja, sin embargo, todavía está presente y, si no se controla bien durante el procesamiento y la manipulación, podría provocar enfermedades transmitidas por los alimentos.

En este estudio se puede observar que se identificaron colonias de *Escherichia coli* en todas las canales y heces sin embargo en colonias sospechosas a *Escherichia coli* enterohemorrágica, el primer muestreo corresponde al 20% (3/15) y en segundo muestreo el 6.67% (1/15), cabe mencionar que de estas se logran identificar dos en canales de forma pareada (heces y canal) por lo que en futuros estudios se podría saber si son clonas o contaminación cruzada.

Diversos estudios indican que los cerdos pueden ser un vehículo para cepas ECHE, además se han obtenido aislados a partir de la carne de cerdo y de algunos productos porcinos con esto se establece que están implicados en infecciones humanas debido a que existe evidencia epidemiológica que hay infecciones por *Escherichia coli* asociadas con el consumo de carne de cerdo contaminada por este patógeno, sin embargo se destaca la necesidad de tener una mayor conciencia sobre este patógeno como emergente en la cadena de suministro de carne de cerdo, por lo que la entrada de estas cepas a la cadena alimentaria implica un riesgo para los consumidores por la gravedad de las enfermedades que pueden provocar implicando un grave problema de salud pública, además considerándose un problema para la producción porcina debido a porque pueden provocar la enfermedad del edema provocando importantes pérdidas económicas.

Conclusiones

Tomando como base todos los datos obtenidos, se llega a la conclusión que la *Escherichia coli* se encuentra presente en todas las canales analizadas listas para la venta al público y en el intestino del animal se encuentra un porcentaje menor; el cual constituye un peligro para la salud pública.

La contaminación por posible ECHE es originada en las granjas y esta se transfiere de los cerdos a las canales en el proceso de sacrificio debido a que es un proceso en el que puede producirse contaminación con bacterias comensales y patógenas en cualquier paso del procesamiento dando como consecuencia su presencia en la carne de cerdo, en las salas de deshuesado y mercados de venta. Este peligro para la salud no solo afecta a las personas que consumen la carne, los trabajadores de rastros y personas que constituyen la cadena de procesamiento de la carne están en expuestos a este microorganismo y otras bacterias con alto potencial patogénico, por lo que una capacitación constante y herramientas de trabajo adecuadas para el manejo de los animales y canales son indispensables para seguir los protocolos establecidos por los municipios; además, la entrada de estas cepas a la cadena alimentaria implica un riesgo para los consumidores por la gravedad de las enfermedades que pueden provocar debido a que si está presente en algún producto alimenticio, tiene la posibilidad de causar enfermedades transmitidas por los alimentos.

Referencias bibliográficas

1. Cortés Tinoco, G. F., Mora Flores, J. S., García Mata, R., & Ramírez Valverde, G. (2012). Estudio del consumo de la carne de cerdo en la zona metropolitana del Valle de México. *Estudios sociales* (Hermosillo, Son.), 20(40), 315-351.
2. Torres, Ma., & Castillo, A. (2010). Agentes patógenos transmitidos por alimentos: Vol. Volumen II (2.a ed.). Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías.
3. Villanueva MV, de AAS. Estado actual de algunas plantas de sacrificio de animales para consumo humano en México. *Vet Mex.* 1998;29(3):273-278.
4. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades Diarreicas. [Online].; 2017. Acceso 24 de 05 de 2024. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>
5. Wieczorek, K., & Osek, J. (2020). Identification and molecular characteristics of verotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC) from bovine and pig carcasses isolated in Poland during 2014-2018. *Food microbiology*, 92, 103587. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103587>
6. Essendoubi, S., Yang, X., King, R., Keenliside, J., Bahamon, J., Diegel, J., Lu, P., Cassis, R., Gensler, G., Stashko, N., & Rolheiser, D. (2020). Prevalence and Characterization of *Escherichia coli* O157:H7 on Pork Carcasses and in Swine Colon Contents from Provincially Licensed Abattoirs in Alberta, Canada. *Journal of food protection*, 83(11), 1909–1917. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-146>

ANÁLISIS DE LA MORTALIDAD EN LA ETAPA DE RECEPCIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN CORRAL DE ENGORDA EN MÉXICO.

Diana Guadalupe Guzmán-Olmos¹, Miguel Galarde-López^{2*}, Luisa María Sánchez-Zamorano³, Miguel Ángel Alonso-Díaz⁴, Ángel Rosendo Pulido-Albores¹.

¹CEIEPAA-FMVZ, UNAM; ²CENID-SAI, INIFAP; ³CISP, INSP; ⁴CEIEGT-FMVZ, UNAM.

*Autor para correspondencia: galarde.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Salud animal, bienestar animal, gestión animal

Introducción

Los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda tienen un periodo aproximado de 120 días de producción, el cual se puede dividir en cuatro etapas: *recepción, iniciación, transición y finalización* (Carrillo-Herrera et al., 2016). La recepción es una etapa clave en el proceso de engorda, debido a la vulnerabilidad de los becerros recién llegados por los factores estresantes a los que son expuestos durante el transporte y desembarque, predisponiéndolos a enfermar y/o morir (Brščić et al., 2018). Algunos de los factores que afectan la salud animal se pueden categorizar en ambientales y de gestión (Johnson et al., 2017). Con anterioridad estos factores se han asociado con tasas de mortalidad de entre el 1.5% al 5% en este tipo de sistemas de producción animal (Rumor et al., 2015; Vogel et al., 2015).

Objetivo

Analizar la mortalidad en la etapa de recepción de los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda, a través de la evaluación de sus condiciones de transporte de los animales la infraestructura de desembarque, el programa de gestión animal aplicado, la infraestructura de los corrales de estancia y el bienestar animal.

Materiales y métodos

Diseño y área de estudio

Estudio de cohorte, prospectivo, durante agosto-diciembre de 2022 y enero-mayo de 2023. Se analizó la etapa de recepción (21 días) de 2263 bovinos, en treinta lotes de ganado bovino, distribuidos en siete unidades de producción en corral de engorda ubicados en el estado de Querétaro, México. Se aplicó una lista de chequeo integrada con las siguientes secciones : i) transporte de los animales, ii) características de la infraestructura del área de desembarque, iii) programa de gestión animal, iv) prácticas de bienestar animal, así como v) características de la infraestructura de los corrales de estancia durante la etapa de recepción. El análisis de los datos consistió en la descripción de las variables utilizando medidas de tendencia central, así como frecuencias absolutas y relativas. Los análisis estadísticos se hicieron con el software Stata 15®.

Resultados y Discusión

De los 2263 bovinos analizados, 1419 animales eran de la zona sur del país (Guerrero, Campeche, Veracruz, Chiapas y Tabasco) y 844 animales de la zona norte (San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas y Durango). La mediana del tiempo de traslado de los animales desde su lugar de origen hasta su destino fue de 13.00 horas (RIQ 11.00 horas – 18.00 horas). Se reportó una mortalidad del 0.75% (n= 17 bovinos) de los 2,263 animales. El 84.0% (1900/2263) de los bovinos contaban con piso antiderrapante en la rampa de desembarque. En cuanto a los corrales de desembarque, la mediana del espacio en corral fue de 9.67 m²/animal (RIQ 7.59 m²/animal – 11.43 m²/animal). La medición de la temperatura corporal no se realizó en el 92.2% (2086/2263) de los bovinos. El médico veterinario zootecnista no estuvo presente en el programa de gestión animal del 20.6% (465/2263) de los animales del estudio. Respecto a las prácticas que impactan sobre el bienestar animal, al 45.4% (1027/2262) de los bovinos se les realizó el programa de gestión animal después de las 11:00 am y el 54.5% (1232/2262) de los animales no contaban con instalaciones que protegiera del sol. En los corrales de estancia durante la etapa de recepción se observó que la mediana en el espacio de sombra fue de 0.00 m²/animal (RIQ 0.0 m²/animal – 8.68 m²/animal). Con anterioridad, se ha denotado la importancia de medir la morbilidad y la mortalidad ya que han sido declarados los mejores indicadores de la salud animal.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en cuanto a la mortalidad pueden estar relacionados con las condiciones de las instalaciones, el personal y el programa de gestión que utilizan las unidades de producción animal que se incluyeron en este estudio. La mejora del programa de gestión animal en las unidades de producción de bovinos en corral de engorda, mediante la capacitación del personal puede tener un efecto positivo sobre la salud y el bienestar de los animales.

Agradecimientos

Agradecemos a la Asociación Especializada De Engordadores de Ganado Bovino de Ezequiel Montes (AEDEGBEM), a los sistemas de producción animal que participaron en este estudio y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada N° 815246 durante la Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal.

Fuente financiadora

No aplica.

Referencias bibliográficas

1. Brščić, M., Kirchner, M. K., Knierim, U., Contiero, B., Gottardo, F., Winckler, C., & Cozzi, G. (2018). Risk factors associated with beef cattle losses on intensive fattening farms in Austria, Germany and Italy. *The Veterinary Journal*, 239(1), 48–53. doi: 10.1016/j.tvjl.2018.08.002
2. Carrillo-Herrera, J., Murillo-Ortiz, M., Herrera-Torres, E., Carrete-Carreón, F., Reyes-Estrada, O., & Livas-Calderón, F. (2016). Productive performance and carcass characteristics of steers fed with glucogenic precursor. *Abanico Veterinario*, 6(1), 13–21.
3. Johnson, K. K., & Pendell, D. L. (2017). Market impacts of reducing the prevalence of bovine respiratory disease in United States beef cattle feedlots. *Frontiers in Veterinary Science*, 4(NOV). doi: 10.3389/fvets.2017.00189
4. Rumor, C., Brscic, M., Contiero, B., Cozzi, G., & Gottardo, F. (2015). Assessment of finishing beef cattle mortality in a sustainable farming perspective. *Livestock Science*, 178, 313–316. doi: 10.1016/j.livsci.2015.06.013
5. Vogel, G. J., Courtney, Bokenkroger, D., Rutten-Ramos, S. C., Bargen, J. L., Health, E. A., & Vogel, G. (2015). *A retrospective evaluation of animal mortality in US feedlots: rate, timing, and cause of death*.

EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE VACUNA GÉNICA CONTRA GARRAPATAS *Rhipicephalus microplus* EN MÉXICO.

Dulce María Galván-Arellano¹, Juan Carlos Vázquez-Chagoyán^{1†}, Laucel Ochoa-García², Rodolfo Lagunes-Quintanilla³, Linda Giuliana Bautista-Gómez^{4*}

¹CIESA-F.M.V.Z, UAEMex, ²ISEM, ³CENID-SAI,INIFAP, ⁴CU-Amecameca, UAEMéx

*Autor para correspondencia: lgbautistag@uaemex.mx

Palabras clave: *Rhipicephalus microplus*, vacuna génica, Bm86.

Introducción

La garrapata *Rhipicephalus microplus* es el ectoparásito de mayor importancia en la industria ganadera, causando pérdidas económicas significativas y transmitiendo enfermedades como Babesiosis y Anaplasmosis. El método de control en México se ha basado en el uso de ixodicidas químicos. Sin embargo, la presencia de cepas de garrapatas resistentes ha sido un factor determinante para minimizar el efecto tóxico de estos compuestos. Por lo tanto, en los últimos años se ha explorado el desarrollo de vacunas como una alternativa prometedora para su control. La única vacuna comercial existente a la fecha contiene una proteína recombinante derivada de Bm86 de *R. microplus* y ha demostrado ser efectiva para reducir las poblaciones de garrapatas, aunque su eficacia varía debido a polimorfismos en la secuencia codificante (De la Fuente et al., 2007, Rodríguez-Vivas et al., 2005). Para abordar esta limitación, nuestro grupo de investigación realizó un estudio del gen Bm86 de cepas mexicanas de *R. microplus* y se diseñó una secuencia que integra los principales epítopos de estas cepas (Martínez et al., 2019).

Objetivo

Evaluar la respuesta inmune inducida por la vacuna génica de Bm86, aplicada mediante electroporación intradérmica en un modelo murino.

Materiales y métodos

Producción de la vacuna génica

El ADNc que codifica para el gen Bm86 de la vacuna génica fue clonado en plásmidos de expresión en mamíferos (pcDNA3.1). Se transformaron células competentes de *Escherichia coli* STB13, las cuales se cultivaron en medio LB con 100 µg/ml de ampicilina y se purificaron mediante el kit "Maxi Prep" de Qiagen.

Inmunización

Ratones de la cepa BALb/c, fueron empleados y divididos en tres grupos experimentales: vacuna génica, Bm86 y un control inoculado con medio RPMI, con un total de seis ratones por grupo. La vacuna génica se aplicó vía intradérmica seguida de electroporación utilizando el sistema Cyto Pulse Sciences TM PA4000 PulseAgile®. El esquema de vacunación consistió en una dosis inicial de 20 µg de la vacuna, con refuerzos administrados a la semana 4 y 7.



Figura 1. Proceso de inoculación del plásmido por vía intradérmica seguido de electroporación.

Prueba serológica

Se llevó a cabo una prueba de ELISA indirecto, utilizando 5 µg/mL del antígeno de la vacuna génica y extracto crudo de intestino de *R. microplus*. Las placas se incubaron a 4 °C durante 16 horas. Tras lavar las placas tres veces con PBS-Tween 20 al 0.05%, se bloquearon con NFDM/PBST. Se usó una dilución de suero de 1:50 y anticuerpos IgG de cabra anti-ratón conjugados con peroxidasa de rábano picante

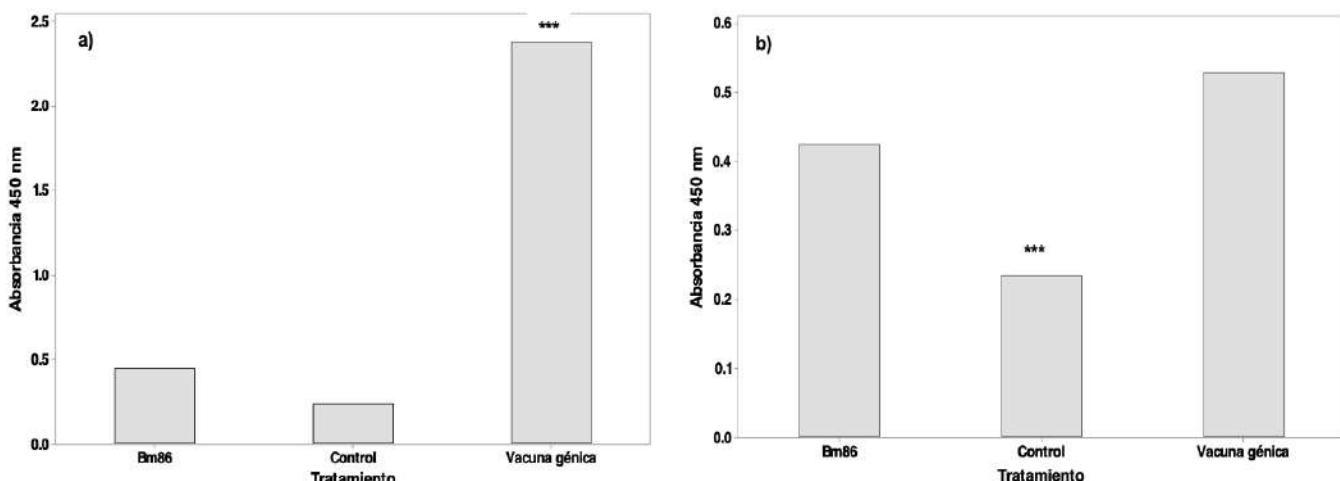
(dilución 1:500), diluidos en NFDM/PBST al 1%. La placa se incubó durante una hora a 37 °C y se utilizó Sure Blue TMB como sustrato. La lectura se realizó a 450 nm utilizando un lector de microplacas Epoch.

Análisis estadístico

Los datos se expresan como medias con SEM (error estándar de la media) y se derivan de al menos una observación por duplicado por muestra. Los resultados se analizaron en busca de diferencias significativas por medio de una ANOVA de una vía y la pruebas de comparación múltiple de Tukey. Las diferencias se consideraron significativas en los niveles de $p < 0.05$.

Resultados y discusión

La vacuna génica demostró su capacidad para desencadenar una respuesta inmune en ratones, mostrando niveles más altos de anticuerpos IgG en comparación con Bm86 y el grupo control. Esto se atribuye a que la prueba ELISA utilizó proteínas derivadas de células transfectadas con el plásmido que codifica la proteína específica de la vacuna génica, la cual contiene los principales epítopos de las garrapatas mexicanas (Martínez et al., 2019). En contraste, la vacuna Bm86 se basa en una sola cepa de garrapatas. Se sugiere que la menor afinidad de la vacuna Bm86 hacia los epítopos específicos de la proteína génica explica esta diferencia. El ensayo de ELISA con extracto crudo de intestino de garrapatas mostró un comportamiento similar entre ambas vacunas, ya que ambas reconocen los epítopos de la cepa utilizada en la vacuna Bm86 (Gráfica 1).



Gráfica 1. Respuesta de anticuerpos específicos de antígeno en ratones vacunados. La gráfica a) representa los sueros desafiados con la proteína de la vacuna génica, mientras que la gráfica b) muestra los sueros desafiados con la proteína del extracto crudo del intestino de *R. microplus*. *diferencias significativas con $p < 0.05$.

Conclusiones

Este estudio representa el primer ensayo de una vacuna génica derivada de cepas mexicanas de *R. microplus* capaz de inducir la producción de anticuerpos protectores. Se tiene como perspectiva llevar a cabo ensayos experimentales en ganado bovino realizando infestaciones artificiales, desafíos y evaluación de parámetros reproductivos de garrapatas *R. microplus* con la finalidad de confirmar su eficacia.

Agradecimientos

Dedicamos este trabajo de investigación a la memoria del Dr. Juan Carlos Vázquez Chagoyán, fundador de la línea de investigación en el estudio de vacunas génicas como candidatos vacunales en la FMVZ-UAEMéx, líder de este proyecto de investigación, cuyo incansable compromiso con la ciencia y su excelencia académica seguirá inspirándonos siempre.

Agradecemos al CONAHACyT por la beca otorgada para estudios de posgrado al primer autor (DMGA) y por el financiamiento con Registro No. 156701 otorgado a JCVC.

Referencias bibliográficas

1. De la Fuente J, Almazán C, Canales M, Pérez de la Lastra JM, Kocan KM, Willadsen P. A ten-year review of commercial vaccine performance for control of tick infestations on cattle. *Anim Health Res Rev.* 2007 Jun;8(1):23-8. doi: 10.1017/S1466252307001193.
2. Martínez-Arzate SG, Sánchez-Bermúdez JC, Sotelo-Gómez S, Diaz-Albiter HM, Hegazy-Hassan W, Tenorio-Borroto E, et al. Genetic diversity of Bm86 sequences in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ticks from Mexico: analysis of haplotype distribution patterns. *BMC Genet [Internet].* 2019;20(1):56. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12863-019-0754->
3. Rodríguez-Vivas RI , Quiñones AF, Fragoso SH . Epidemiología y control de la garrapata *Boophilus* en México. Editor. México D.F. McGraw-Hill-UADY. 2005, 571-592.

PREVALENCIA DE PIROPLASMOSES EN ÉQUIDOS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES.

María Fernanda Muñoz-Herrera¹, Rosa María Meléndez-Soto¹, María Carolina de Luna-López^{1*}

¹Centro de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

*Autor para correspondencia: carolina.deluna@edu.uaa.mx

Palabras clave: Piroplasmosis, equinos, prevalencia.

Introducción

La piroplasmosis equina es una enfermedad parasitaria transmitida por garrapatas que afecta a los équidos (caballos, burros, mulas y cebras). Los agentes etiológicos son los protozoarios hemoparásitos *Theileria equi* y *Babesia caballi*. Se han identificado 14 especies de garrapatas de la familia Ixodidae de los géneros *Dermacentor*, *Rhipicephalus* y *Hyalomma* como vectores (Ramírez Gutiérrez, 2007). La presencia del parásito en los eritrocitos ocurre solo en los primeros días de la enfermedad, por lo que el diagnóstico fiable es mediante la observación microscópica de frotis sanguíneo con métodos de tinción (Giemsa, Wright, o Diff-Quik), obteniendo buenos resultados, así como por pruebas serológicas (fijación del complemento, inmunofluorescencia indirecta y ELISA) (Vega Bolaños, 2012). Es una enfermedad de importancia sanitaria y económica, ya que produce disminución del rendimiento, muertes y costos generados por los tratamientos; incluso, algunos países prohíben la participación de caballos seropositivos en eventos deportivos (Ramírez Gutiérrez, 2007). La distribución de la enfermedad es mundial, se ha reportado que aproximadamente el 90% de la población equina, se encuentra en áreas endémicas que son aquellas con climas tropical, subtropical y templado. En el caso de América Latina, la enfermedad es enzótica, excepto en Chile y Argentina (Díaz-Sánchez *et al.*, 2020). Los signos clínicos son inespecíficos como fiebre, anemia hemolítica, anorexia, ictericia, hemoglobinuria, apatía y en casos graves hasta la muerte por lo que la enfermedad puede confundirse fácilmente con otras afecciones y por tal motivo es difícil diagnosticarla. Los équidos infectados pueden ser portadores por mucho tiempo y actuar como fuentes de infección para las garrapatas, que actúan como vectores de transmisión de la enfermedad hacia nuevos hospederos (Pazmiño Cedeño, 2023).

Objetivo

Debido a que no hay datos epidemiológicos sobre la enfermedad en el estado de Aguascalientes, el objetivo de este estudio fue conocer la prevalencia de piroplasmosis en equinos en el estado, así como los principales factores que influyen en la presencia de esta enfermedad.

Materiales y métodos

Se muestrearon équidos (caballos, burros, ponis) distribuidos en los 11 municipios del estado de Aguascalientes. Los animales muestreados fueron de distintas razas y edades, ambos sexos, con fin zootécnico y estado fisiológico indistinto. Para la edad, se formaron 4 grupos con rangos de 1-5, de 6-10, de 11-15 y mayores a 15 años. Se aplicó un cuestionario a los propietarios para obtener información sobre la historia clínica, antecedentes de garrapatas, dieta, contacto con otras especies animales, desparasitaciones y vacunaciones previas, así como los datos al examen físico. Se obtuvieron muestras sanguíneas de la vena yugular en tubos con EDTA; las muestras fueron transportadas en refrigeración hasta el laboratorio, para su análisis el mismo día en que fueron obtenidas. Se realizaron frotis sanguíneos teñidos con el kit de hemocolorante rápido en 3 pasos y finalmente se revisaron en un microscopio óptico con el objetivo de 100X con aceite de inmersión con la finalidad de identificar características morfológicas anormales de los eritrocitos relacionados con la presencia de hemoparásitos. El tamaño de la muestra se calculó con el programa Win Epi (<http://www.winepi.net/>) considerando un nivel de confianza del 95%, un error aceptado del 5% y una prevalencia mínima esperada del 5.92% (Ramírez Gutiérrez, 2007), lo que resultó en 77 animales. El análisis se realizó mediante estadística descriptiva.

Resultados y discusión

En cuanto al sexo de los sujetos muestreados, el 48.05% (37/77) fueron machos y el 51.95% (40/77), hembras. Con relación a la edad el 33.77% (26/77) tuvieron entre 1 y 5 años, el 40.26% (31/77) de 6-10, el 19.48% (15/77) de 11-15 y el 6.49% (5/77) fueron mayores de 15 años. De acuerdo con los datos

registrados, el 32.5% (25/77) de los animales no estaban desparasitados y el 62.3% (48/77) no estaban vacunados.

De los 77 frotis realizados y revisados, el 20.78% (16/77) resultaron positivos, en los cuales se observaron anormalidades eritrocitarias como equinocitos por hemólisis, cuerpos de inclusión o de Howell-Jolly, así como la cruz en malta; estas formas intraeritrocitarias son características del protozoario causante de piroplasmosis equina. En contraste, en un estudio realizado en Managua, Nicaragua la prevalencia fue del 38.7% de un total de 150 equinos muestreados (Ramírez Gutiérrez, 2007); esta diferencia puede ser atribuida factores como las condiciones climáticas de cada región, el manejo que se realiza en cada hato, ya que si no se cuenta con un sistema estructurado por parte de los propietarios para el control de garrapatas o programas de desparasitación periódicos se predispone a la presentación de la enfermedad. Según Vega Bolaños (2012), la relación que existe entre la prueba de ELISA y el frotis sanguíneo es que presenta una Sensibilidad del 0.9% y Especificidad del 96.7% para *B. caballi* y para *T. equi* la Sensibilidad es del 1.7% y Especificidad del 97.5%; basado en lo anterior, es muy probable que la prevalencia estimada esté por debajo de la real, considerando que la parasitemia es baja.

De los positivos, el 31.25% (5/16) fueron machos y el 68.75% (11/16) fueron hembras; de lo anterior, existen estudios que reportan discrepancias, ya que algunos reportan una mayor prevalencia de piroplasmosis en machos y otros en hembras. Sin embargo, en uno de los estudios que reporta mayor frecuencia de piroplasmosis en hembras concluye que el género como factor de riesgo de piroplasmosis equina depende de las prácticas de manejo que se aplican a los animales y los fines a los cuales están destinados (Pazmiño Cedeño, 2023). En cuanto a la edad de los positivos, el 25% (4/16) de 1-5 años, el 31.25% (5/16) de 6-10 años, el 25% (4/16) de 11-15 años y el 18.75% (3/16) mayores de 15 años. En relación a la edad, se ha reportado que los caballos adultos son más susceptibles que los jóvenes, lo cual también coincide con los resultados de este estudio, ya que el grupo de los 6-10 años presentó una mayor frecuencia (31.25%) comparado con los otros rangos de edad; lo anterior, puede ser debido a que en ese rango de edad los animales son sometidos a trabajos intensivos en donde están bajo estrés generando immunosupresión y desarrollo de infecciones persistentes, por lo que la edad se considera como un factor de riesgo (Díaz-Sánchez et al., 2020; Pazmiño Cedeño, 2023).

De los positivos, el 56.25% (9/16) no estaban desparasitados y el 87.5% (14/16) no estaban vacunados. Ramírez Gutiérrez (2007), menciona que los animales que no reciben un programa de desparasitación y/o vacunación diseñado por un médico veterinario, es una condición que incrementa la susceptibilidad de los equinos a las hemoparasitosis. En este estudio, algunos de los animales que resultaron positivos ya contaban con desparasitaciones previas, pero no se llevaron a cabo otras medidas preventivas especiales para el control del ectoparásito, lo que hace que sean más susceptibles a presentar esta enfermedad, además de que el producto utilizado, así como la vía de administración y los períodos de tiempo en los que se realizan las desparasitaciones son factores que influyen en su efectividad.

El 100% de los animales muestreados tuvieron presencia de garrapata al examen físico, observándose en el pabellón auricular y en la región perianal. Se realizó la identificación de 2 ejemplares de garrapata obtenidas del pabellón auricular y se determinó que se trata de la especie *Otobius megnini*. En relación con la presencia de garrapatas en los equinos positivos, el estado de Aguascalientes se reporta libre de la especie *Rhipicephalus* (SENASICA, 2023); sin embargo, no hay registros acerca de la presencia de otras especies de garrapatas como *Hyalomma* y *Dermacentor*, que también son vectores en la transmisión de la enfermedad.

Conclusiones

Las enfermedades transmitidas por garrapatas en Aguascalientes se encuentran subdiagnosticadas, pues no existen reportes epidemiológicos oficiales sobre la frecuencia de la piroplasmosis en équidos, la mayoría de los casos se diagnostican por médicos veterinarios de campo que se dedican a medicina equina. Se obtuvieron resultados positivos de la presencia de piroplasmosis equina dentro del estado, sin embargo, no se determinó la especie (*B. caballi* o *T. equi*) por medio de la tinción de frotis sanguíneos. Se sugiere que *Otobius megnini* sea un vector para la transmisión de piroplasmosis equina al igual que las especies *Dermacentor*, *Rhipicephalus* y *Hyalomma*. Es importante complementar este estudio con la utilización de un método diagnóstico que detecte los anticuerpos para obtener valores de prevalencia más cercanos a la realidad.

Referencias bibliográficas

1. Díaz-Sánchez AA, Roblejo-Arias L, Marrero-Perera R, Corona-González B. Piroplasmosis equina. Rev Salud Anim. 2020 42(1):1-16.
2. Pazmiño Cedeño LM. Determinación de prevalencia de piroplasmosis en equinos de paso colombiano mediante frotis sanguíneo. Tesis Médico Veterinario en el grado de licenciatura. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" Manabí, Ecuador. 2023.
3. Ramírez Gutiérrez FV. Diagnóstico de hemoparásitos en equinos en la región del Pacífico de Nicaragua utilizando frotis sanguíneo. Tesis Médico Veterinario en el grado de licenciatura. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 2007 pp. 62
4. SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). Situación actual campaña nacional para el control de la garrapata *Boophilus* spp. Recuperado de la red mundial el 15 febrero de 2023 <https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-del-control-de-la-garrapata-boophilus-spp>
5. Vega Bolaños CA. Seroprevalencia de piroplasmosis equina en caballos mantenidos en cuadra y caballos destinados a matadero en Costa Rica. Tesis Médico Veterinario en el grado de licenciatura. Universidad Nacional Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Medicina Veterinaria. 2012 pp. 34

PRESENCIA DE ENFERMEDADES CONSIDERADAS DE IMPACTO PRODUCTIVO EN REBAÑOS CAPRINOS DE TIPO FAMILIAR DE SANTA CRUZ DE JUVENTINO ROSAS, GUANAJUATO.

José Luis Gutiérrez-Hernández ¹, Erika Gabriela Palomares-Resendiz ¹, René Camas-Pereyra ¹, Amairani Stephania Musito-Moreno ², Marcia Ixchel Guzmán-Ojeda ², Alan Martínez-Pérez ³, Catalina Tufiño-Loza⁴, Salvador Arellano-González ⁵, Efrén Díaz-Aparicio ¹, Enrique Herrera-López ¹.

¹ CENID SAI, INIFAP, ² Universidad Mesoamericana, ³ FES Cuautitlán, UNAM, ⁴ Estancia Posdoctoral Conahcyt, ⁵ AGL del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto,
*Autor para correspondencia: gutierrez.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: Caprinos, enfermedades, producción.

Introducción

En México, la cría y la producción de cabras es tradicional y principalmente una actividad de tipo familiar. La mayoría de las unidades productivas se conforman de pequeños rebaños manejados directamente por un pastor o una familia, la cual realiza todas las actividades de manejo. En la actualidad, la caprinocultura nacional sigue sin satisfacer la demanda tanto en cantidad como en calidad de productos de la especie, además, debe considerarse que la falta de asistencia técnica, la presencia de enfermedades infecciosas en el rebaño y el desconocimiento en el correcto manejo productivo, nutricional y reproductivo del rebaño caprino, puede comprometer de manera grave el aprovechamiento de sus dos principales productos, la leche y la carne.

Objetivo

Determinar la presencia de las principales enfermedades infecciosas con impacto productivo, así como algunos factores de riesgo que fomentan su permanencia en rebaños caprinos de tipo familiar en el municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato.

Materiales y métodos

Se trabajó con 32 rebaños caprinos del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas Guanajuato, durante el periodo marzo 2022 a octubre de 2023, en los cuales se realizaron visitas *in situ* para conocer las características generales de cada uno, se aplicaron cuestionarios referentes al manejo sanitario que reciben los animales, adicional a ello, se tomaron muestras sanguíneas con el fin de obtener suero y realizar el diagnóstico serológico de brucellosis mediante la prueba de Tarjeta la 3%, leptospirosis mediante la prueba de microaglutinación, clamidiasis y artritis-encefalitis caprina (AEC) mediante inmunoensayo enzimático y paratuberculosis (PTB) mediante la prueba de inmunodifusión doble en gel. Al mismo tiempo, se realizó una inspección clínica a los animales mayores a tres meses de edad y que al momento de la visita, fueran considerados como reemplazos, pie de cría, primas, productoras, vientres o sementales, durante este proceso se recolectó además, información sobre la presencia de Ectima contagioso (EC) y Linfadenitis caseosa (EC) en los rebaños; También se realizó la colecta de heces directamente del recto al 10% de los animales de cada rebaño, preferentemente a aquellos animales con signos sugerentes a parasitosis gastrointestinal, para diagnosticar la enfermedad mediante coproparasitoscopía. En rebaños productores de leche se determinó la presencia de animales con mastitis subclínica mediante la prueba de California (CMT), a quienes también se les colectó muestras de leche para su confirmación diagnóstica mediante aislamiento bacteriológico y pruebas de susceptibilidad a los antibióticos. Los datos obtenidos de cada rebaño se integraron en bases de datos, se determinó la frecuencia de las enfermedades por población muestreada, además de determinar la proporción de rebaños con presencia de estas enfermedades consideradas en el estudio. Para la determinación de los factores de riesgo asociados a la presencia de cada una de ellas, se realizaron pruebas de homogeneidad de proporciones por Chi-cuadrada y razón de momios con una significancia de $p < 0.05$. Posteriormente se hizo un análisis multivariado de regresión logística en el software estadístico Epi Info TM versión 7.2.

Resultados y discusión

El 50% (16/32) de los rebaños fue de tipo estabulado, el resto de tipo semiestabulado, el pastoreo se realiza en tierras comunales durante el día, por las noches son encerrados en corrales comunitarios, donde se observaron características de rusticidad, es decir, son corrales que están delimitados por trancas de

madera y alambre o piedra, con pisos de tierra y sin división al interior. El 62.5% de los productores almacena el alimento para los animales directamente en el piso, cubriendolo del sol y la lluvia con lonas y costales, en ningun rebaño existen corrales de cuarentena, parición, ni se realiza con frecuencia la eliminación de excretas, solo cuatro de ellos cuentan con sala de ordeño. No hay asistencia técnica, no inmunizan a sus animales a excepción de la vacuna contra la brucelosis, no desparasitan mediante un calendario establecido o previo diagnóstico, no se realiza diagnóstico de laboratorio para la detección de otras enfermedades, a excepción del barrido para la detección de brucelosis, no llevan a cabo un control contra roedores, ningún rebaño cuenta con registros sanitarios, productivos, económicos, de manejo reproductivo, ni para la movilización, ingreso, venta o desecho de sus animales. El 59.38% de estos tiene como único fin productivo la obtención de leche, mientras que el 6.25% se dedica a la obtención de leche y elaboración de quesos, tan solo el 3.12% (1/32) se enfoca a la producción de carne.

Se analizaron 768 muestras de suero sanguíneo. No se encontró presencia de PTB ni brucelosis, la ausencia de esta última puede deberse a la conciencia que se ha mantenido desde hace varios años por parte de los productores en el impacto zoosanitario de esta enfermedad, permitiendo que el diagnóstico y la vacunación sean actividades periódicas en la región. Se obtuvo una frecuencia serológica total a clamidiasis de 14.97%, 18 de los 32 rebaños considerados en este estudio tuvo la presencia de al menos un animal seropositivo. La seroprevalencia de leptospirosis fue de 59.37%, 25 de los 32 rebaños tuvo la presencia de al menos un animal seropositivo; se observó que las serovariedades más frecuentes fueron *Inifap H-89* (*Hardjo*, aislamiento nacional) con 44.14%, seguida de *Portland Vere* (*Canicola*, aislamiento nacional) con 21.61%, *Bratislava* con 17.96% y *Wolffi* con 16.53%. Los factores de riesgo asociados a clamidiasis fueron un espacio <1.5 mts²/animal, el pastoreo en zonas comunales y la ausencia de corrales de parición, mientras que los asociados a leptospirosis fueron la presencia de abortos, humedad en los corrales, roedores, la permanencia de animales mayores a 6 años en el rebaño y un espacio <1.5 mts²/animal al interior de los corrales. En un estudio realizado por Palomares et al. (2020) en ovinos, se observó que los sistemas de producción de tipo intensivo y semi intensivo favorecieron significativamente la presencia de *Chlamydia abortus*; de acuerdo con la evidencia, es posible que la seropositividad a *clamidiasis observada* en el presente trabajo se asocie parcialmente a que los rebaños estudiados son de tipo estabulado y semi estabulado, características que favorecen el hacinamiento y el contacto directo entre animales, compartiendo el mismo corral, independientemente de su edad y etapa productiva, esta situación también fue reportado por Flores et al (2016) para el caso de la leptospirosis. Cabe destacar que estos factores de riesgo también han sido descritos por diversos autores como predisponentes al contagio de otras enfermedades en los caprinos.

La prevalencia de AEC fue del 27.30% en los animales, los 32 rebaños tuvieron al menos a un animal seropositivo a la enfermedad; 7 de 32 rebaños presentaron LC y 2 de 32 presentaron EC. El factor de riesgo asociado a AEC fue el préstamo de sementales entre rebaños, para EC, el no lotificar animales por edad y en el caso de LC, el tamaño de rebaño (rebaños con poblaciones de 31-60 animales). En el análisis coproparasitoscópico se detectó la presencia de *Teladorsagia spp*, *Trichostrongylus spp*, *Chabertia spp* y *Eimeria spp*, pero en conteos menores a 400 huevos/ooquistes por gramo de heces, por lo que no se consideró a ningun rebaño con problemas de parasitosis, situación que puede deberse a que la práctica del pastoreo se realiza luego de la ordeña y entrega de leche al acopiador, permitiendo que los animales salgan al campo despues de las 10 de la mañana, horario que ya no se considera riesgoso pala la ingesta de larvas de parásitos a través del consumo de pasto en las praderas. 430 cabras en producción fueron analizadas mediante CMT, 119 fueron positivas a la prueba; de ellas se identificaron once aislamientos de *Staphylococcus*: *S. haemolyticus* (n=1), *S. hyicus* (n=1), *S. chromogenes* (n=1), *S. caprae* (n=2) y *S. epidermidis* (n=6). En este estudio, ninguna de las especies aisladas de *Staphylococcus* fue resistente a la cefalotina, sin embargo, todos los aislamientos fueron sensibles a netilmicina y a la gentamicina, no fue posible determinar los factores de riesgo asociados a la mastitis debido a la baja frecuencia de aislamientos obtenidos, Sin embargo, se encontró mayor detección de cabras con mastitis subclínica que se ordeñan de forma manual (41.7%) que aquellas que se ordeñan de forma mecanizada (38.6%) (p=0.001), Winter, et al. (1999) mencionan que la CMT no debe sobreestimarse como unica herramienta de diagnóstico de la mastitis subclínica debido a que factores como la edad de las cabras, la higiene y la técnica del ordeño pueden interferir en el conteo de células somáticas, situaciones que pueden explicar la poca concordancia entre el número de cabras positivas a la CMT y el bajo número de aislamientos. En este estudio no fue posible determinar el tipo u origen de resistencia antibiótica por parte de las cepas aisladas, pero es

importante destacar que otros estudios mencionan que la resistencia a los antimicrobianos puede estar relacionada con la variabilidad genética de los aislados, así como a las diferencias climatológicas, discrepancias geográficas, entre otros factores (Karzis et al, 2019). Los rebaños considerados en este estudio no cuentan con asistencia técnica, esta situación es muy común en unidades de producción de tipo familiar en México, provocando que frente a la presentación de padecimientos en los animales, se consulte directamente a otros productores que han tenido experiencias similares o bien, se dirijan a la farmacia veterinaria en busca de tratamientos que son determinados con base a la descripción que ellos puedan dar al encargado; frente a la aparición de nuevos casos, es probable que ya no se considere la necesidad de consultar, sino que se solicite el producto que contribuyó a resolver el problema, situación que puede favorecer la aparición de cepas resistentes por tratamientos mal establecidos.

Conclusiones

Se deben considerar a los factores de riesgo que predisponen a la permanencia y diseminación de las enfermedades diagnosticadas en los rebaños estudiados, para la implementación de estrategias de prevención y control adaptadas a las necesidades y tipo de manejo productivo de cada rebaño; para ello es necesaria la asistencia por parte de un técnico especialista que de seguimiento y asesoría periódica a cada unidad de producción.

Fuente financiadora

Proyecto Conahcyt Pronaii “Programa sanitario en rebaños caprinos para aumentar la eficiencia productiva y la seguridad alimentaria, en zonas marginales del municipio de Juventino Rosas, Guanajuato, México”.

Referencias bibliográficas

1. Karzis J, Petzer IM, Donkin EF, Naidoo V, Etter EMC. Climatic and regional antibiotic resistance patterns of *Staphylococcus aureus* in South African dairy herds. *Onderstepoort J Vet Res*. 2019 Jul 10;86(1):e1-e9. doi: 10.4102/ojvr.v86i1.1674.
2. Palomares Reséndiz, E. G., Mejía Sánchez, P., Aguilar Romero, F., Cruz Colín, L. D. L., Jiménez Severiano, H., Leyva Corona, J. C., ... & Díaz Aparicio, E. (2020). Frecuencia y factores de riesgo asociados a la presencia de *Chlamydia abortus*, en rebaños ovinos en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(3), 783-794.
3. Flores-Puebla, M. P. (2016). Diagnóstico serológico de *Leptospira interrogans* y *Brucella melitensis* en rebaños caprinos en el Estado de Guanajuato. Tesis de licenciatura, Médico Veterinario Zootecnista, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
4. Winter P, Baumgartner W. Schalmtestreaktionen in Ziegenmilch und deren Interpretation [Evaluation of the California mastitis test (CMT) reaction in goat milk and its interpretation]. *Dtsch Tierarztl Wochenschr*. 1999 Jan;106(1):30-4. German. PMID: 10028758.

DIAGNÓSTICO DE AFLATOXICOSIS SUBCLÍNICA EN VACAS LECHERAS, MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS BIOQUÍMICOS.

Emmanuel Hernandez-Valdivia^{1*}, Arturo Gerardo Valdivia-Flores¹, Maria Carolina de Luna-López, Erika Janet Rangel-Muñoz¹, Carlos Urban Haübi-Segura¹

¹ Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes

*Autor para correspondencia: emmanuel.hernandez@edu.uaa.mx

Palabras clave: Aflatoxinas, intoxicación crónica, bovinos diagnóstico subclínico.

Introducción

Las aflatoxinas (AF) son metabolitos tóxicos secundarios producidos principalmente por hongos del género *Aspergillus Flavus*; estas micotoxinas se encuentran contaminando una gran variedad de productos agrícolas¹. Se ha demostrado que las AF tienen potencial carcinogénico, teratogénico y mutagénico². Que pueden llegar a desarrollar efectos sinérgicos con otros agentes patógenos.³

La AF una vez que es ingerida se absorbe rápidamente a nivel gastrointestinal e inicia un proceso de biotransformación hepática, dando origen a la formación de epóxidos altamente reactivos⁴. Los cuales se unen a los sitios específicos de células nucleofílicas para la formación de aductos; se ha reportado que la formación de estos aductos genera una alteración en la síntesis de proteínas, factores de la coagulación sanguínea (tiempo de protrombina, TP), disminución en la respuesta inmune así como el incremento en la actividad enzimática específica (AEE)⁵. Las presentaciones clínicas de en una aflatoxicosis son dependientes de la dosis ingerida y del tiempo de exposición⁴. La aflatoxicosis subclínica puede ser el resultado de la ingesta a largo plazo de bajas concentraciones de AF en el alimento; aunque la presencia de esta aflatoxicosis a menudo se presenta sin signos clínicos evidentes su existencia.

Objetivo

Evaluar los cambios en los valores bioquímicos y el rendimiento reproductivo a lo largo de una exposición natural crónica a diferentes concentraciones de aflatoxinas.

Materiales y métodos.

Diseño del estudio

El diseño del estudio fue observacional y no experimental, se realizó en una explotación lechera ubicada en el altiplano central mexicano. El hato tenía un total de 839 vaquillas y 2753 vacas con un promedio diario de producción de 26.9 kg/d de leche cruda por vaca lechera. Se seleccionaron aleatoriamente noventa vaquillas Holstein al momento de su primera inseminación artificial exitosa; con una edad entre los 14 y 15 meses. Durante la primera y segunda gestación (26 meses), los animales seleccionados fueron seguidos en corrales sucesivos, que se asignaron de acuerdo con el avance de la gestación y el nivel de producción láctea.

Alimentación, toma de muestras de leche y sangre.

Las muestras fueron obtenidas y analizadas a intervalos mensuales. Las muestras de RTM se obtuvieron directamente de los comederos. Las muestras de alimento se secaron, homogenizaron, molieron y mantuvieron en refrigeración (4-5 °C) hasta su procesamiento. Se recolectaron muestras de leche (300 ml) de los dos ordeños diarios de cada vaca bajo estudio. Las muestras se mezclaron completamente en proporción a la cantidad de producción de leche de cada ordeño, se dividieron en alícuotas y se almacenaron hasta su análisis para la cuantificación de AFM1. Las muestras de sangre de los animales se recolectaron mensualmente mediante punción de la vena coccígea, se centrifugaron para obtener suero o plasma y se almacenaron en viales de polipropileno hasta su análisis.

Análisis para la cuantificación de aflatoxinas

Las muestras de alimento y leche desgrasada se procesaron mediante la técnica de HPLC, según el método AOAC 2000.08 (AOAC 2000). En el análisis mediante HPLC, la cuantificación de AF se realizó utilizando una curva de calibración de AF purificados (B₁, B₂, G₁, G₂ y M₁; Sigma Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.). Los límites de detección inferior (LDI) fueron de 0.3 y 0.05 µg/kg para AF y AFM1, respectivamente.

Análisis de otras micotoxinas

Se tomaron muestras de la RTM y se analizaron en busca de otro tipo de micotoxinas que pudieran estar presentes en el alimento; zearalenona (ZEN), ocratoxina (OTA), fumonisinas (FB) y desoxinivalenol (DON) mediante kits ELISA competitivos (COKAQ 5100, 2000, 3000 y 4000; AgraQuant, Romer Labs, Union, MO, EE. UU.), De acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Pruebas bioquímicas

La cuantificación de glutatión reducido se realizó mediante fluorometría acorde a la metodología establecida. Tiempo de protrombina (TP) se analizó utilizando un kit comercial (Tcoag, TriniCLOT-PT Exel, Irlanda). La determinación en las concentraciones de proteína total (TP) y albúmina (ALB) en suero se llevó a cabo de acuerdo con la metodología establecida; AEE de ALT, GGT, AST y ALP se determinaron mediante los métodos de la IFCC.

Análisis estadístico

Basado en la cuantificación de los niveles de AF natural ingerida en la dieta, las vacas fueron asignadas mensualmente a los grupos A, B, C o D (<5.0, 5.0-9.9, 10.0-19.9 y ≥ 20.0 µg/kg AF, respectivamente), de acuerdo con el LMP establecido en diversos países ¹. Una vez establecidos estos grupos de AF, se utilizó el procedimiento ANOVA de una vía para determinar si había diferencias estadísticamente significativas.

Los datos reproductivos y bioquímicos se analizaron mediante un procedimiento de regresión lineal para asociar la variabilidad de estas variables dependientes a una concentración de AF en la RTM. Todas las diferencias estadísticas significativas se basaron en una probabilidad de p <0.05.

Resultados y discusión

En este estudio, se observaron cambios perjudiciales en las vacas lecheras expuestas naturalmente a bajas concentraciones de aflatoxinas en el alimento; se observaron alteraciones en la bioquímica sanguínea, parámetros reproductivos, así como también se detectó la presencia de AFM₁ en la leche. Estos cambios fueron asociados a la presencia de una aflatoxicosis subclínica.

Micotoxinas en el alimento

Durante el estudio, el 99% de las muestras (308/312) de alimento de las vacas estaban naturalmente contaminadas con niveles detectables de AF. En este estudio no experimental, los niveles de contaminación natural por AF fueron variables en cada uno de los meses de muestreo y en cada comedero. Las diferencias detectadas se atribuyeron a la variación natural de la contaminación de AF en los alimentos, al igual que las condiciones ambientales en que cada lote de alimento se produjo, almacenó y utilizó para elaborar las dietas de las vacas.

Rendimiento reproductivo

Se detectaron diferencias significativas (p <0.05) en los parámetros reproductivos de las vacas expuestas a concentraciones más altas de aflatoxinas (Grupo C y D) que afectaron particularmente la tasa de concepción al primer servicio, tasa de deshecho debido a fallas reproductivas, intervalo entre partos sucesivos y la tasa de abortos. Se ha sugerido que la presencia de AF en el ganado lechero es un factor de riesgo para la falla reproductiva, ya que estos compuestos causan inmunosupresión, lo que permite la reactivación de los agentes patógenos que ocasionan abortos y trastornos reproductivos ³.

Alteraciones bioquímicas

Los grupos en nuestro estudio mostraron evidencia de cambios en los parámetros bioquímicos seleccionados en comparación con los valores de referencia establecidos para el ganado. Este estudio mostró una disminución gradual en las concentraciones séricas de PT cuando la concentración de AF aumentó en el alimento consumido por las vacas. Se observó una reducción de PT (2.7 g/L por AF µg/kg) en la alimentación y una diferencia estadística significativa (p <0,00) entre los grupos A, B, C y D. Así mismo se observó una disminución similar en la concentración sérica de ALB. Durante este estudio, se registró un aumento significativo (p < 0.001) en el TP entre grupos A, B, C y D, con un aumento de 17.7 a 19.7 s, aumentando en 0.05 s por µg de AF consumido en la dieta. Este estudio demostró que la concentración sérica de GSH fue significativamente diferente (p < 0.03) entre los grupos, presentando un aumento gradual a medida que la concentración de AF en la dieta aumentaba (2.0 ± 0.04 - 2.6 ± 0.03 nmol/mL).

La AEE en suero mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre todos los grupos de estudio; los animales en el grupo D tuvieron una actividad enzimática específica más alta para ALP, AST y ALT; excediendo los valores de referencia de AEE establecidos para el ganado⁵. Efectos similares se han reportado en vacas Holstein intoxicadas con AFB₁ observando un aumento significativo de GGT ($p < 0.05$) en comparación con los valores registrados inicialmente (26.5 vs 29.5 U / L)⁵. En nuestro estudio, el aumento en la AEE observado en bovinos de todos los grupos sugiere un efecto adverso causado por la exposición crónica a AF, donde la mayor concentración de AF incrementó la AEE de las vacas lecheras.

AFM₁ en leche

Las vacas del Grupo D se expusieron de manera natural a una dosis más alta de AF en la RTM y mostraron una mayor concentración de AFM₁ en leche a comparación con las vacas del Grupo A (99.7 ± 2.4 vs 15.6 ± 1.3 ng/L, respectivamente; $p < 0.00$). Del mismo modo, las vacas del Grupo A tuvieron una mayor tasa de transferencia de AFM₁ a la leche (0.74 vs 0.26%), Donde la concentración de AFM₁ en la leche de los Grupos C y D (58.9 y 99.7 ng / L) excedió el LMP establecido por la Comisión Europea (50 ng / L)¹.

Conclusiones

Este estudio describe los cambios en los parámetros reproductivos y hematológicos relacionados con la ingesta a largo plazo de alimentos contaminados naturalmente con AF en cuatro concentraciones diferentes. En las vacas lecheras que ingirieron los niveles más altos de AF durante 26 meses, se observaron cambios significativos en la incidencia del aborto, deshecho por falla reproductiva y aumento del intervalo entre partos. La alteración del proceso de coagulación, la hipoproteinemia y el aumento en la actividad enzimática debido al proceso de desintoxicación de la AF también fueron detectados. Además, se observó la transferencia y excreción de AFM₁ en la leche y con una relación dosis-respuesta en base a la concentración de AF en el alimento. Estos resultados sugieren que el consumo a largo plazo del alimento que contiene concentraciones bajas de AF puede producir efectos adversos en el rendimiento y en la salud animal, lo que es consistente con la aflatoxicosis subclínica.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los propietarios de las granjas lecheras por permitirnos el acceso a sus instalaciones, animales y datos. Damos las gracias a Luis Miguel Ortega-Mora, Mercedes Gómez-Bautista y Juan Alberto Martínez-Hernández por su apoyo técnico y logístico.

Fuente financiadora

Clave del Proyecto PIP/SA22-2 Título del Proyecto Control de micotoxinas en ración total mezclada de vacas lecheras con base en información climática

Referencias bibliográficas

1. Food and Agriculture Organization. Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003; FAO Food and Nutrition Paper 81. Italy: FAO; 2004.
2. International Agency for Research of Cancer. Aflatoxins. Pages 171–301 In IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 82. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. France: IARC Press; 2002.
3. Dubey JP, Schares G, Ortega-Mora L.M. Epidemiology and control of neosporosis and Neospora caninum. Clin. Microbiol. Rev. 2007;20(2):323–67. doi: 10.1128/CMR.00031-06.
4. Queiroz OC, Han JH, Staples CR, Adesogan AT. Effect of adding a mycotoxin-sequestering agent on milk aflatoxin M₁ concentration and the performance and immune response of dairy cattle fed an aflatoxin B₁-contaminated diet. J. Dairy Sci. 2012;95(10):5901–8. doi: 10.3168/jds.2011-5287.
5. Bingol NT, Tanritanir P, Dede S, Ceylan E. Influence of aflatoxin present in forages and concentrated feeding stuffs on milk and some serum biochemical parameters in goats. Bull. Vet. Inst. Pulawy. 2007;51(1):65–9.

EPÍTOPES DE LINFOCITOS T DE LAS PROTEÍNAS PLD Y CP40 DE *CORYNEBACTERIUM PSEUDOTUBERCULOSIS OVIS* DE UN AISLADO DE ORIGEN MEXICANO.

Roberto Montes de Oca-Jiménez^{1,2*}, María Carla Rodríguez-Domínguez¹, Martha Elba Ruiz Riva-Palacio², Ariadna Pérez-Rodríguez¹, Fátima Ingrid López Vivas, Adriana del Carmen Gutiérrez-Castillo³,

⁴Ruth Vironchi Lujan, José Antonio Ibancovich-Camarillo³, Sergio Recillas Morales³, Pedro Sánchez Aparicio³.

¹Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México; ² Plantel Sor Juana Inés de la Cruz, UAEIM

Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México; ³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. ⁴Practica privada. Guadalupe Victoria Poniente 443, 63080. Tepic, Nayarit, México.

*Autor para correspondencia: romojimenez@yahoo.com

Palabras clave: Epítopes, *Corynebacterium pseudotuberculosis*.

Introducción

Corynebacterium pseudotuberculosis ovis es el agente causal de la Linfadenitis caseosa (LC), enfermedad que ocasiona pérdidas económicas en las producciones ovinas y caprinas. México cuenta con una industria ovina y caprina que aún se encuentra en desarrollo, por lo que es importante el estudio de la enfermedad para mejorar las medidas de control hacia una futura erradicación. Estudios previos han demostrado la presencia de este agente patógeno en rebaños de pequeños rumiantes mexicanos y, sumado a que la comercialización de vacunas y medios diagnósticos es limitado en el país; despierta interés en solucionar este problema. Los programas bioinformáticos han permitido el análisis *in silico* de proteínas con potencial inmunológico para el desarrollado de nuevas vacunas. La fosfolipasa D (PLD) y la endoglicosidasa (CP40) son factores de virulencia de *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis*, capaces de inducir una respuesta de tipo humorar y celular respectivamente. La secuencia completa de los genes *pld* (: OL347711) y *cp40* (OL347712) de *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis*, aislado (2J-L) obtenido del estado de Jalisco, México, ha sido reportada en la base de datos del GenBank.

Objetivo

Identificar *in silico* epitopes de células T en el contexto del MHC I y MHC II murino, para las proteínas PLD y CP40 de *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis*, aislado de origen mexicano 2J-L.

Materiales y métodos

Las proteínas analizadas pertenecen al aislado 2J-L de *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis* obtenido de un caso clínico de LC de un ovino del Estado de Jalisco, México. Las secuencias de las proteínas PLD 2J-L (acceso: UYI58181) y CP40 2J-L (acceso: UYI58182) se obtuvieron de la base de datos del GenBank, Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). La interface web IEEDB (<http://www.iedb.org.com>) se utilizó para la identificación de epítopes de células T en el contexto del MHC I (alelos: H-2-K_b, H-2-K_d, H-2-K_k, H-2-Db, H-2-Qa1) para un valor de corte de 0.5 y el MHC II (alelos H2-IAb, H2-IAd, H2-IEd) para un rango de percentil < 1.0.

Resultados y discusión

La respuesta inmune celular es sumamente importante para la activación de los linfocitos T en la resolución de infecciones bacterianas intracelulares como *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis*. Dado que los epítopes de células T se presentan unidos de forma lineal a los MHC, la capacidad de las proteínas PLD 2J-L y CP40 2J-L para activar las células T se evaluó en el contexto de la presentación de antígenos mediante MHC de clase I y MHC clase II. El modelo murino se ha utilizado para la evaluación experimental de vacunas contra la LC, constituyendo un buen modelo para la formación de abscesos y el desarrollo de infecciones sistémicas (de Pinho *et al.*, 2021), por tales motivos utilizamos la información de alelos de ratón para buscar epítopes de células T en el contexto de presentación por MHC-I y MHC-II. El análisis reveló péptidos de PLD 2J-L y CP40 2J-L que pueden interactuar con una amplia gama de alelos del MHC clase I (H-2-K_b, H-2-K_k, H-2-K_d, H-2-Db, H-2-Qa1) y MHC clase II (H2-IAb, H2-IAd). Las secuencias de la proteína PLD 2J-L con mayor potencial para activar células T CD8+ en el contexto de diferentes alelos del MHC I fueron: posición 56

VAIGANAL 63 (alelos H-2-Kb y H-2-Db), 139 LEPAGVRV 146 (alelos H-2-Kd, H-2-KK y H-2-Qa1) y secuencia 202 GYYNI 206 (alelos H-2-Kd, H-2 Kb y H-2-KK). Para la proteína CP40 2J-L, las secuencias que fueron reconocidas por más de un tipo de alelos fueron: secuencias 137 RTVGAQL 143 (alelos H-2-Qa1 y H-2-Kb) y 205 KIMGAFSEL 213 (alelos H-2- Kb y H-2-Qa1). Sin embargo, ninguna de las proteínas presentó epítopos con capacidad de presentación por los alelos del MHC clase I H-2-Dd, H-2-Ld y H-2-Qa2.

Los epítopos previstos para la activación de Linfocitos T CD4+ en el contexto del MHC II, en ambas proteínas no fueron capaces de ser reconocidos por más de un tipo de alelo. Tampoco se encontró ningún epítopo capaz de ser presentado en el contexto del alelo H2-led del MHC II. La presentación de antígenos a través del MHC II evidenció 6 epítopos en la proteína PLD con representación de 2 tipos de alelos (H2-IAb y H2-IAd) y 6 epítopos para CP40 con representación de 1 alelo (H2-IEd). Los resultados revelan que ambas proteínas pueden activar las células T a través de la presentación de antígenos tanto en el contexto MHC I (células T CD8+) como el MHC II (células T CD4+), lo que evidencia el potencial inmunogénico de estas moléculas.

Existen estudios que han realizado la identificación *in silico* de epitopes inmunogénicos de Linfocitos B de la proteína CP40 (Droppa-Almeida *et al.*, 2018) y han evaluado la capacidad inmunoprotectora de péptidos en el diseño de vacunas de subunidades (Droppa – Almeida *et al.*, 2021); sin embargo, para la proteína PLD no se reportan estudios similares. En este trabajo por primera vez se realiza una predicción *in silico* de epitopes de Linfocitos T de las proteínas PLD y CP40 a partir de un aislado mexicano.

Conclusiones

La predicción de los epítopos de células T constituye uno de los pasos importantes en el diseño de vacunas basadas en múltiples epítopos. Los epítopos de las células T CD8+ y CD4+ y sus correspondientes alelos restringidos por MHC se identificaron mediante herramientas de predicción proporcionadas por la base de datos de epítopos inmunitarios (IEDB). Los resultados confirmaron el potencial epítopo inmunodominante de PLD y CP40 que contiene epítopos "promiscuos" o "universales" que cubren diversos haplotipos de MHC. Este conocimiento se podrá utilizar para mejorar el diseño de vacunas basadas en péptidos para la Linfadenitis caseosa.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el otorgamiento de la beca de los alumnos para realizar estudios de posgrado.

Fuente financiadora

Financiado por la Universidad Autónoma del Estado de México en el marco del Proyecto de Investigación 6784/2022CIC.

Referencias bibliográficas

1. de Pinho, R. B., de Oliveira-Silva, M. T., Bezerra, F. S. B., Borsuk, S. (2021). Vaccines for caseous lymphadenitis: up-to-date and forward-looking strategies. *Appl Microbiol Biotechnol*, 105(6), 2287–2296, <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11191-4>.
2. Droppa-Almeida, D., Franceschi, E., Padilha, F. F. (2018). Immune-informatic analysis and design of peptide vaccine from multi-epitopes against *Corynebacterium pseudotuberculosis*. *Bioinform Biol Insights*, 14(12), <https://doi.org/10.1177/1177932218755337>.
3. Droppa-Almeida, D., da Silva, G. A., Gaspar, L. M. D. A. C., Pereyra, B. B. S., Nascimento, R. J. M., Borsuk, S., Franceschi, E., Padilha, F. F. (2021). Peptide vaccines designed with the aid of immunoinformatic against Caseous Lymphadenitis promotes humoral and cellular response induction in mice. *PloS one*, 16(11), e0256864, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256864>.

DESARROLLO DE UN ELISA INDIRECTO UTILIZANDO PLD RECOMBINANTE PARA LA DETECCIÓN DE ANTICUERPOS ESPECÍFICOS DE *CORYNEBACTERIUM PSEUDOTUBERCULOSIS OVIS* EN OVEJAS.

Roberto Montes de Oca-Jiménez ^{1,2*}, Saul Aguilar Montes de Oca ¹, María Carla Rodríguez-Domínguez ¹, Martha Elba Ruiz Riva-Palacio ², Ariadna Pérez-Rodríguez ¹, Fátima Ingrid López Vivas ¹, José Antonio Ibancovich-Camarillo ³, Sergio Recillas Morales ³, Pedro Sánchez Aparicio ³, Gabriel Arteaga Troncoso ⁴.

¹Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México; ²Plantel Sor Juana Inés de la Cruz, UAEIM AMECAMECA, Universidad Autónoma del Estado de México; ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México; ⁴Departamento de Biología Celular y desarrollo, Instituto Nacional de Perinatología, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: romojojimenez@yahoo.com

Palabras clave: ELISA, *Corynebacterium pseudotuberculosis*.

Introducción

La Linfadenitis caseosa (LC), es una enfermedad causada por *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis*, se encuentra extendida en todo el mundo y origina importantes pérdidas económicas. Se describen dos presentaciones clínicas de la LC, una forma cutánea donde se originan abscesos en los nódulos linfáticos superficiales y una presentación visceral donde los abscesos se forman en pulmones, hígado, riñones y nódulos linfáticos internos. Debido a la naturaleza crónica de esta enfermedad y a la presencia de la forma visceral, el diagnóstico de la prevalencia real puede subestimarse en varios estudios. El diagnóstico se puede realizar a partir del aislamiento de *C. pseudotuberculosis ovis* en medios de cultivos, caracterización con pruebas bioquímicas o sistemas comerciales como Api® Coryne (bioMérieux, Francia). También se puede realizar la identificación molecular mediante el uso de la técnica de PCR Multiplex o PCR Cuádruplex. Ambas opciones de diagnóstico han sido ampliamente utilizadas por varios grupos de investigadores. Sin embargo, no siempre es posible aislar el microorganismo o su ADN, especialmente cuando solo se presenta la forma visceral en el animal vivo. Una alternativa para el diagnóstico lo constituye el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA), prueba de serodiagnóstico relativamente económica, fácil de realizar y rápida. Para este tipo de prueba se utiliza como antígeno la fosfolipasa D (PLD), factor de virulencia principal de la bacteria, involucrada en el aumento de la permeabilidad vascular y la diseminación a los nódulos linfáticos.

Objetivo

Desarrollar una prueba de ELISA utilizando PLD recombinante para la detección de anticuerpos específicos de *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis* en ovejas del Estado de Jalisco.

Materiales y métodos

Para la selección de los sueros controles positivo se realizó la identificación de *Corynebacterium pseudotuberculosis* en 18 animales procedentes de Jalisco, los cuales presentaban abscesos y cuyas muestras purulentas fueron evaluadas mediante pruebas microbiológicas (crecimiento en agar sangre a 37 °C, tinción de Gram, catalasa, Triple producción de azúcar hierro, ureasa y nitrito) y posteriormente PCR Multiplex. Los sueros controles negativos se recolectaron de 6 corderos recién nacidos y de 11 animales adultos de rebaños sin registros de LC pertenecientes al Estado de México. Además, se recolectaron 27 muestras de sueros de animales con abscesos procedentes de granjas del estado de Jalisco con presencia de LC y 21 muestras de animales (seleccionados al azar) que fueron enviados a un matadero del Estado de México. El antígeno PLD recombinante se obtuvo en la cepa de *E. coli* BL21 DE3 transformada con el plásmido pET28a-p_{ld} utilizando medio Luria Bertani e isopropil α-D-tiogalactósido (IPTG) 1 mM como inductor de la expresión. La purificación de la proteína rPLD se realizó mediante cromatografía de afinidad con el kit QIAexpress® Ni-NTA Fast Start (Qiagen, Hilden, Alemania). La prueba de ELISA se realizó empleando un procedimiento de tablero de ajedrez donde se optimizaron las concentraciones de antígeno, muestras de suero y anticuerpos. Los controles positivos y negativos se diluyeron a 1:100, 1:200, 1:400 y 1:600, mientras que la concentración de antígeno se probó a 1,0, 2,0, 4,0, 5,0 y 6,0 µg/mL. También se probaron diferentes títulos del anticuerpo conjugado a 1:4000, 1:5000 y 1:10000. Las placas de poliestireno

de 96 pocillos (Costar, Corning, NY, EE. UU.) se sensibilizaron con 100 µL de proteína recombinante diluida en tampón carbonato-bicarbonato, pH 9,6 (Sigma-Aldrich, USA.) durante 16 h. Los sueros de control (duplicados) se diluyeron en PBS-T y se incubaron durante 1 hora a temperatura ambiente. Las microplacas se lavaron tres veces con PBS-T y se agregó 100 µL de IgG anti-ovino conjugada con peroxidasa de rábano picante (Sigma-Aldrich, USA.), seguido de 1 h de incubación y tres lavados con PBS-T. Se añadió el sustrato cromógeno (100 µL) (tetrametilbencidina, Sigma-Aldrich, USA.) y se incubó durante 15 minutos, y luego se detuvo la reacción con 100 µL de solución de H₂SO₄ (2N). Los valores de densidad óptica (DO) se obtuvieron a 490 nm utilizando un lector de microplacas (800™TS, Agilent, USA.). Los datos se analizaron con el software estadístico MedCalc®, versión 18.1 (MedCalc Software, Ostende, Bélgica). La concordancia entre el aislamiento de *C. pseudotuberculosis* y la prueba ELISA se calculó mediante el índice Kappa con el mismo software y se clasificó como: < 0,20, concordancia pobre; 0,21-0,40, acuerdo justo; 0,41-0,60, acuerdo moderado; 0,61-0,80, buena concordancia y; 0,81-1,00, muy buen acuerdo.

Resultados y discusión

Se confirmó la presencia de *C. pseudotuberculosis* en 7 de los 18 animales que presentaban abscesos y fueron seleccionados para la extracción de suero para control positivo. La proteína rPLD se obtuvo en una concentración final de 976 µg/mL, y se confirmó mediante electroforesis en geles de poliacrilamida SDS-PAGE donde se observó una banda de aproximadamente 31 kDa. La optimización del tablero de ajedrez mostró las mejores condiciones cuando el suero control se diluyó 1:300, el anti-IgG ovino conjugado a peroxidasa a 1:4000 y la concentración de la proteína a 4 µg/mL. El análisis ROC reveló una sensibilidad del 88,9% y una especificidad del 100%. La precisión fue del 95,3% en concordancia con el AUC de la curva ROC. El valor de corte se estableció como una densidad óptica (DO) >193 y según esto la prueba ELISA presentó solo un resultado falso negativo y ningún falso positivo (Figura 1).

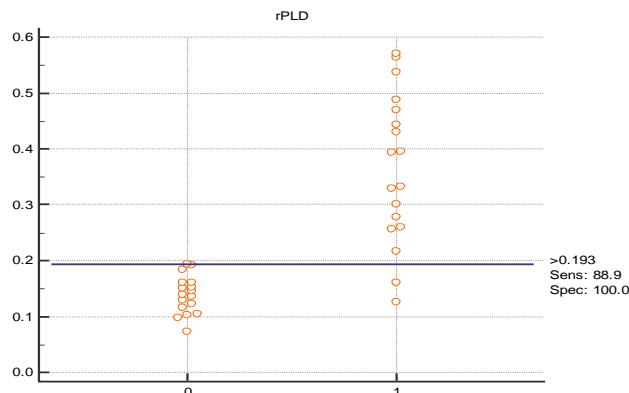


Figura 1. Distribución individual de cada densidad óptica (DO) de sueros positivos y negativos. El valor de corte se representa como una línea horizontal (azul) en el gráfico. Los números 0 y 1 indican sueros negativos y positivos respectivamente.

El resultado del índice de correlación Kappa fue de 0,86 entre la comparación de los resultados obtenidos mediante el aislamiento microbiológico y la prueba de ELISA, y se catalogó como muy buena concordancia. Un estudio realizado en Brasil mostró que el uso de PLD recombinante como antígeno para la detección de anticuerpos vía ELISA ofrece una prueba con un 90% de sensibilidad y un 92% de especificidad (Silva *et al.*, 2019). Por otra parte, otro grupo de investigadores demostró que se logra un 91% de sensibilidad y 98,7% de especificidad con rPLD para el diagnóstico en ovinos (Barral *et al.*, 2019). Estos resultados son similares a los obtenidos en nuestro trabajo donde el sistema ELISA mostró 88,9% de sensibilidad y 100% de especificidad. Los valores de corte (densidad óptica, DO) también son variados entre estudios, pueden ser tan bajos como 0,053 (Silva *et al.*, 2019), 0,144 (Barral *et al.*, 2019), o superiores con una DO de 0,250 cuando se utiliza extracto proteico de *C. pseudotuberculosis* (Rebouças *et al.*, 2011), estas variaciones dependen del equipo, reactivos utilizados, la longitud de onda seleccionada y el estado inmunológico del animal en el momento de la recolección de las muestras. De las 27 muestras de campo adquiridas en el estado de Jalisco el 81,5% fueron positivas, y de las 21 muestras de suero de animales enviados a matadero se obtuvo una frecuencia de un 42%. Los resultados de seroprevalencia para las muestras de

campos son altos en comparación con estudios realizados en Brasil utilizando ELISA en ovinos y caprinos con 75,8% y 78,9% respectivamente (Guimarães *et al.*, 2009). En el matadero se detectó un total del 42% de animales positivos, este hallazgo es similar a un estudio realizado en un matadero de Brasil con un 43,7 %. En este trabajo también se evaluó la frecuencia de la enfermedad en rebaños siendo de un 100%, lo que es más alta que la encontrada en nuestro trabajo en los animales del estado de Jalisco (81,5%) (Guimarães *et al.*, 2011).

Conclusiones

La prueba de ELISA mostró resultados prometedores para identificar animales positivos a LC y enfatiza la necesidad de probar este ensayo en otras regiones del país para optimizarlo. Por primera vez en México se realiza un tamizaje serológico utilizando una proteína recombinante (PLD) con una prueba ELISA para detectar LC en ovinos de granja.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el otorgamiento de la beca de los alumnos para realizar estudios de posgrado.

Fuente financiadora

Financiado por la Universidad Autónoma del Estado de México en el marco del Proyecto de Investigación 6784/2022CIC.

Referencias bibliográficas

1. Barral, T.D., Mariutti, R.B., Arni, R.K., Santos, A.J., Loureiro, D., Sokolonski, A.R., Azevedo, V., Borsuk, S., Meyer, R., Portela, R.D., 2019. A panel of recombinant proteins for the serodiagnosis of caseous lymphadenitis in goats and sheep. *Microb. Biotechnol.* 12, 1313–1323, <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13454>.
2. Guimarães, A.S., Seyffert, N., Bastos, B.L., Portela, R.W.D., Meyer, R., Carmo, F.B., Cruz, J.C.M., McCulloch, J.A., Lage, A.P., Heinemann, M.B., Miyoshi, A., Azevedo, V., Gouveia, A.M.G., 2009. Caseous lymphadenitis in sheep flocks of the state of Minas Gerais, Brazil: Prevalence and management surveys. *Small Ruminant Research* 87, 86–91, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.09.027>
3. Guimarães, A.S., Carmo, F.B., Heinemann, M.B., Portela, R.W., Meyer, R., Lage, A.P., Seyffert, N., Miyoshi, A., Azevedo, V., Gouveia, A.M., 2011. High sero-prevalence of caseous lymphadenitis identified in slaughterhouse samples as a consequence of deficiencies in sheep farm management in the state of Minas Gerais, Brazil. *BMC Vet Res* 7, 68, <https://doi.org/10.1186/1746-6148-7-68>
4. Rebouças, M.F., Portela, R.W., Lima, D.D., Loureiro, D., Bastos, B.L., Moura-Costa, L.F., Vale, V.L., Miyoshi, A., Azevedo, V., Meyer, R., 2011. Corynebacterium Pseudotuberculosis Secreted Antigen-Induced Specific Gamma-Interferon Production by Peripheral Blood Leukocytes: Potential Diagnostic Marker for Caseous Lymphadenitis in Sheep and Goats. *J VET Diagn Invest* 23, 213–220, <https://doi.org/10.1177/104063871102300204>
5. Silva, M.T. de O., Bezerra, F.S.B., de Pinho, R.B., de Santana Ferreira, C., Vivas, W.L., Portela, R.W.D., Azevedo, V.A. de C., Borsuk, S., 2019. The combination of *Corynebacterium pseudotuberculosis* recombinant proteins rPLD, rCP01850 and rCP09720 for improved detection of caseous lymphadenitis in sheep by ELISA. *Journal of Medical Microbiology* 68, 1759–1765, <https://doi.org/10.1099/jmm.0.001096>.

EVALUACIÓN *in vitro* DEL ACEITE ESCENCIAL DE COMINO *Cuminum cyminum* CONTRA LARVAS DE LA GARRAPATA *Rhipicephalus microplus*.

Juan Manuel Hernández-Domínguez¹, Edgar Castro-Saines*², Roberto González-Garduño¹, Rodolfo Lagunes-Quintanilla²

¹URUSSE, Universidad Autónoma Chapingo, ²CENID-SAI, INIFAP

*Autor para correspondencia: castro.edgar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Garrapatas, aceite esencial, comino.

Introducción

Las garrapatas *Rhipicephalus microplus* son los ácaros hematófagos de mayor importancia en la ganadería mundial, debido a los daños directos que ocasionan como: pérdida de peso, disminución en la producción de leche, anemia y eventualmente muerte debido a la transmisión de patógenos. El método tradicional empleado para el control de garrapatas *Rhipicephalus microplus* es el control químico, en el cual se emplean productos de la familia de los organofosforados, piretroides, amidinas, fenilpirazolonas y lactonas macrocíclicas; sin embargo, ya existen reportes de resistencia hacia las principales familias de acaricidas (Rodríguez-Vivas et al., 2018), por lo que es necesaria la búsqueda de nuevas moléculas alternativas para el control de este ectoparásito. Los extractos de plantas con actividad acaricida son una potencial alternativa como un substituto a los acaricidas sintéticos comúnmente empleados. Los aceites esenciales han mostrado potencial como acaricidas amigables con el medio ambiente, son metabolitos secundarios de plantas aromáticas conteniendo compuestos volátiles, solubles en grasa de olor fuerte (Gonzaga et al., 2023). La actividad biológica de los aceites esenciales incluye propiedades cicatrizantes, antisépticas, antiinflamatorias, antipiréticas, antiespasmódicas, insecticidas, bactericidas y fungicidas. Los aceites esenciales de hojas y flores de *Ageratum houstonianum*, *Origanum onites* y *O. minutiflorum* han mostrado tener actividad acaricida contra *R. lunulatus* y *R. turanicus*. El comino, *Cuminum cyminum* es una hierba aromática usada como condimento y conservador natural de alimentos, sin embargo, esta planta ha sido encontrada poseer propiedades farmacológicas como antioxidante, antibacterial, fungicida, y analgésico.

Objetivo

Evaluar *in vitro* el aceite esencial de comino *Cuminum cyminum* contra larvas de la garrapata *Rhipicephalus microplus*.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Unidad Regional Universitaria Sursureste (URUSSE) de Teapa, Tabasco, perteneciente a la Universidad Autónoma Chapingo y el Laboratorio de Artropodología, del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, en Jiutepec, Morelos.

Obtención del aceite. El proceso de extracción del aceite esencial se realizó mediante la técnica de destilación por arrastre con vapor, a través de un aparato de Clevenger. Para ello se trituraron 100 g semillas de comino *Cuminum cyminum* y se colocaron en un matraz de dos bocas al cual se le agregaron 500 mL de agua destilada. Se montó el aparato de Clevenger en donde a través de un condensador de serpentín separó el aceite por diferencia de densidades. El aceite esencial se recuperó de la parte superior del líquido de destilación utilizando una pipeta, posteriormente se guardó a 4 °C hasta su uso, evitando la exposición a la luz solar.

Material biológico y bioensayo. De un bovino infestado con garrapatas *R. microplus* se colectaron hembras repletas las cuales se colocaron en cajas Petri y se pusieron en una incubadora a 27 °C y un 80% de humedad relativa. Después de 14 días, se colectó el huevo y se colocó en frascos de vidrio con tapón de algodón para ser incubados nuevamente en las condiciones anteriormente mencionadas hasta la eclosión, una vez que se tuvieron larvas de 10 días de edad se realizó el bioensayo. Los bioensayos se realizaron utilizando la cepa de garrapatas (*R. microplus*) Media Joya susceptible a ixodicidas. La evaluación del efecto ixodicida del aceite contra las larvas de garrapatas se realizó por triplicado de acuerdo con la Prueba de Inmersión de Larvas (PIL) descrita por Klafke et al., (2006), con modificaciones; usando Tween 20 (1%), etanol (20%) y aceite esencial de comino. Para el bioensayo las larvas sin alimentar se colocaron en tubos para microcentrifuga de 1.5 ml, en un volumen final de 1 ml. Los aceites fueron diluidos mediante diluciones

dobles seriadas (1%, 0.5%, 0.25%, 0.12%, 0.06%) en etanol. Para el grupo control se usó solamente Tween 20, etanol y agua destilada. A continuación, se realizó la inmersión de 75 - 120 larvas durante 10 minutos. Posteriormente las larvas fueron colocadas en paquetes de papel filtro, se incubaron durante 24 horas a 27 ± 2 °C con una humedad relativa del 80 – 90%, pasado ese tiempo se evaluó la tasa de mortalidad. Las larvas con capacidad de locomoción fueron consideradas vivas y aquellas sin movimiento fueron consideradas muertas.

Resultados

A las 24 horas post exposición por baño de inmersión de larvas de garrapatas *R. microplus* a diferentes concentraciones de aceite de comino, estas mostraron diferentes tasas de mortalidad. Las larvas expuestas a las concentraciones de aceite del 1% y 0.5% alcanzaron mortalidades del 100%, mientras que en las concentraciones de 0.25% y 0.12% las mortalidades fueron de 6.5% y 2.3%; en tanto que la concentración de 0.06% no causó mortalidad (Fig. 1).

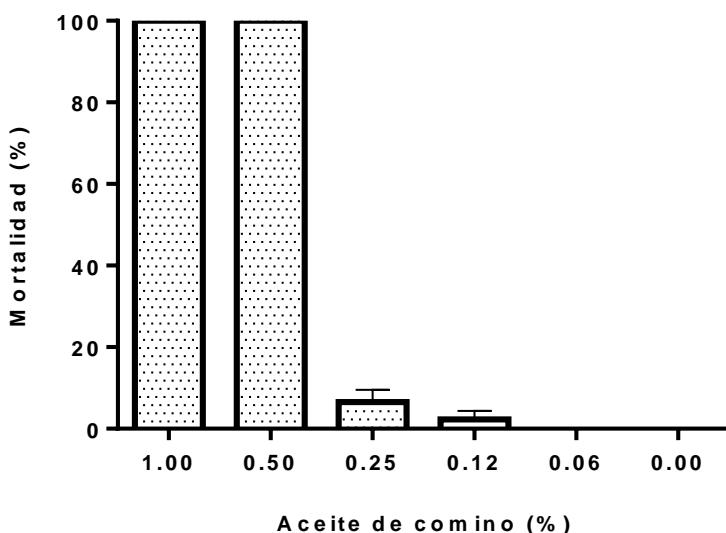


Fig. 1. Bioensayo. Mortalidad de larvas de garrapata *R. microplus*, expuestas a cinco concentraciones diferentes de aceite de comino. Se indica el promedio de mortalidad y la desviación estándar.

Discusión

El aceite esencial de semilla de comino mató al 100% de las larvas de garrapata *R. microplus* a partir de una concentración del 0.5%, observándose una disminución drástica en la mortalidad a partir de 0.25%, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Martinez-Velazquez et al., (2011), en donde evaluando un aceite de comino mediante la prueba de paquete de larvas, reporta una mortalidad del 100% a una concentración de 1.25%. La actividad biológica mostrada por el aceite pudiera ser atribuida a los componentes mayoritarios que han sido previamente reportados como posibles responsables de la toxicidad hacia *R. microplus* entre los que destacan el cuminaldehído, Y-terpineno y 2-caren-10-al, aunque no se descarta un posible sinergismo con otros compuestos minoritarios. Se ha reportado el uso de este aceite al 10% en formulación contra garrapatas en estadio de hembra repleta con un 68% de inhibición de la oviposición, una eclosión del 14%, provocando una eficacia del 95% en pruebas *in vitro* (Lazcano Diaz et al., 2019). Por lo que formulaciones deberían ser evaluadas usando como garrapaticidas de aplicación directa sobre bovinos infestados con garrapatas.

Conclusiones

El aceite esencial de comino *Cuminum cyminum* es tóxico a larvas de garrapata *Rhipicephalus microplus* a partir de una concentración del 0.5%

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a la URUSSE por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo, los resultados presentados forman parte de la tesis de licenciatura del primer autor.

Referencias bibliográficas

1. Gonzaga, B. C. F., Barrozo, M. M., Coutinho, A. L., Pereira E Sousa, L. J. M., Vale, F. L., Marreto, L., Marchesini, P., de Castro Rodrigues, D., de Souza, E. D. F., Sabatini, G. A., Costa-Júnior, L. M., Ferreira, L. L., Lopes, W. D. Z., & Monteiro, C. (2023). Essential oils and isolated compounds for tick control: advances beyond the laboratory. *Parasites & vectors*, 16(1), 415. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05969-w>
2. Klafke, G. M., Sabatini, G. A., de Albuquerque, T. A., Martins, J. R., Kemp, D. H., Miller, R. J., & Schumaker, T. T. (2006). Larval immersion tests with ivermectin in populations of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) from State of São Paulo, Brazil. *Veterinary parasitology*, 142(3-4), 386–390. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.07.001>
3. Lazcano Díaz, E., Padilla Camberos, E., Castillo Herrera, G. A., Estarrón Espinosa, M., Espinosa Andrews, H., Paniagua Buelnas, N. A., Gutiérrez Ortega, A., & Martínez Velázquez, M. (2019). Development of essential oil-based phyto-formulations to control the cattle tick *Rhipicephalus microplus* using a mixture design approach. *Experimental parasitology*, 201, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.04.008>
4. Martinez-Velazquez, M., Castillo-Herrera, G. A., Rosario-Cruz, R., Flores-Fernandez, J. M., Lopez-Ramirez, J., Hernandez-Gutierrez, R., & Lugo-Cervantes, E.delC. (2011). Acaricidal effect and chemical composition of essential oils extracted from *Cuminum cyminum*, *Pimenta dioica* and *Ocimum basilicum* against the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Parasitology research*, 108(2), 481–487. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-2069-6>
5. Rodriguez-Vivas, R. I., Jonsson, N. N., & Bhushan, C. (2018). Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. *Parasitology research*, 117(1), 3–29. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5677-6>

CONTAMINACIÓN DEL ALIMENTO DE VACAS LECHERAS POR MICOTOXINAS NO REGULADAS EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO.

Arturo Gerardo Valdivia-Flores^{*1}, Erika Janet Rangel-Muñoz¹, Emmanuel Hernández Valdivia¹, María Carolina de-Luna-López¹, Teódulo Quezada-Tristán¹, Carlos Urban Haubi-Segura¹

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes.

*Autor para correspondencia: avaldiv@correo.uaa.mx

Palabras clave: Zearalenona, Deoxinivalenol, Fumonisinas.

Introducción

Las micotoxinas (MTs) son metabolitos secundarios de varios géneros de hongos Ascomicetos, especialmente de *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. Las MTs poseen un rango amplio de propiedades tóxicas, carcinógenas, inmunosupresoras y alteran las funciones fisiológicas, por lo que representan un grave riesgo para la salud humana y animal, para la productividad pecuaria, así como para el equilibrio económico de la actividad lechera mexicana (Romo et al., 2022). Por lo anterior, en México se han establecido regulaciones para la contaminación de granos solamente para las aflatoxinas.

El problema de la contaminación por MTs es hasta ahora inevitable porque estos hongos filamentosos persisten de forma natural el suelo y crecen en los cultivos y en los productos agrícolas, especialmente en granos, forrajes y oleaginosas (Kihal et al., 2022). Los hongos dependen de las condiciones ambientales para crecer y reproducirse; fundamentalmente, la temperatura y la humedad condicionan su proliferación y la activación de las rutas metabólicas de generación de MTs. Se ha mostrado (Álvarez et al., 2022) que, en las condiciones meteorológicas semiáridas, las AFs alcanzan su máxima expresión durante la temporada lluviosa del verano y rebasan los límites máximos permisibles por la legislación nacional. Sin embargo, la información sobre MTs no reguladas es escasa.

Objetivo

Evaluar la evolución temporal de la contaminación concurrente de zearalenona (ZEA), deoxinivalenol (DON), fumonisinas B (FBs) y ocratoxina A (OCRA) en la ración total mezclada de vacas lecheras en el Altiplano Central Mexicano.

Materiales y métodos

Se seleccionaron por el método no estadístico de conveniencia diez unidades de producción lechera (UPL) del Altiplano Mexicano, ubicadas en valle central de Aguascalientes (21°48' N, 102°03' O; 1986-2008 msnm). Las UPL tenían ganado Holstein en sistema tecnificado, estabulación libre, alimentación y ordeño mecánico. Se obtuvieron muestras mensuales de ración total mezclada (RTM) libre de secuestrantes, fungicidas o de otros aditivos y se procesaron mediante protocolos estandarizados (Rangel et al, 2020). La cuantificación de MTs en las muestras de alimento se realizó por duplicado siguiendo el procedimiento de ensayo inmunoenzimático (R-Biopharm, Alemania). La extracción de MTs se realizó con metanol al 70 y la absorbancia se cuantificó en un lector de microplacas Biotek a 450 nm (ELx800TM, Bio Tek, EUA); la concentración se estimó mediante la compararon con una curva de calibración elaborada con micotoxinas purificadas.

Los resultados se analizaron mediante un modelo lineal general para evaluar el efecto simple o combinado de la precipitación pluvial, humedad relativa, temperaturas promedio (máxima, mínima y media) obtenidas en estaciones meteorológicas cercanas (< 15 km) a las UPL participantes (<https://clima.inifap.gob.mx/lnmysr/Estaciones/Mapa>). En todos los análisis estadísticos, se aceptó como diferencia significativa un valor $p < 0.05$.

Resultados y discusión

La mayoría de las muestras de alimento de las vacas lecheras mostraron concentraciones detectables de zearalenona, deoxinivalenol, fumonisinas B y ocratoxina A (83.5, 96.0, 82.0 y 97.1 %, respectivamente). Solamente ZEA y DON rebasaron considerablemente los límites máximos permisibles (63.3 y 86.3 % de las muestras) establecidos en la legislación europea (Figura 1). Mientras que la mayoría de las muestras de RTM mostraron niveles de FBs y OCRA por debajo de dicha normatividad (94.2 y 100 %). Es conveniente recalcar que la normatividad señala niveles máximos de residuos (MRLs) que deberán

mantener los alimentos que son comercializados, por lo que no se debe interpretar como un nivel seguro al que no se observan daños a la salud de las vacas que los consumen y mucho menos, para modelos de alimentación en los que los animales ingieren el alimento contaminado por un tiempo prolongado. Se ha detectado que el consumo permanente de bajas concentraciones de AFs, aun por debajo de los MRLs, impacta negativamente en la salud de las vacas lecheras, su eficiencia reproductiva y el desecho precoz de los animales (Hernández et al, 2020); por lo que puede estar ocurriendo fenómenos semejantes en otras micotoxinas.

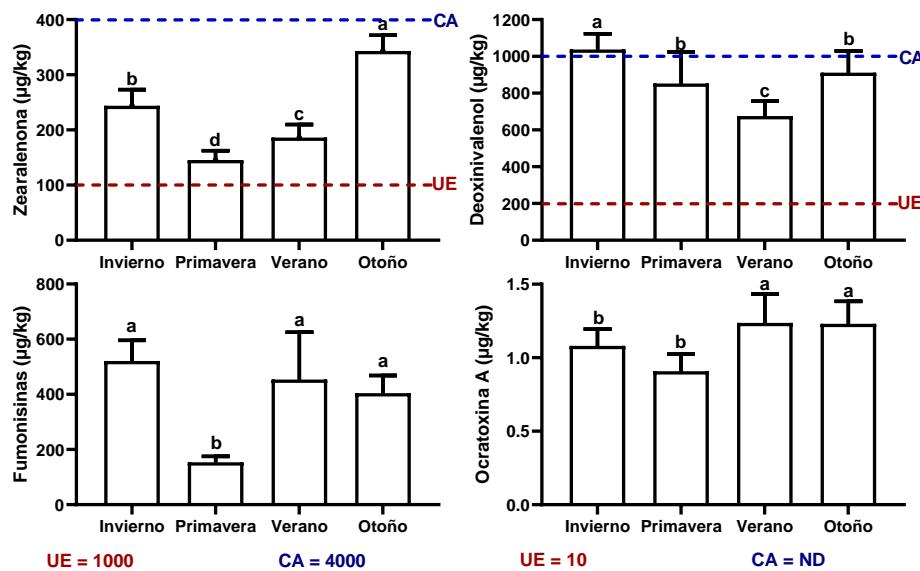


Figura 1. Presencia de Zearalenona, Deoxinivalenol, Fumonisinas B y Ocratoxina A en ración total mezclada destinada para vacas lecheras durante las estaciones anuales (2023) en Aguascalientes, México. Niveles máximos de residuos permisibles en UE: Unión Europea. CA: Codex Alimentarius.

La concentración de las MTs en los piensos lecheros se distribuyó a lo largo de las cuatro estaciones del año y mostró diferencias estadísticas significativas con tendencia hacia los meses más húmedos del año. En el análisis multivariado se mostró una asociación significativa con el efecto combinado de la precipitación y humedad relativa. De forma separada, estas variables se asociaron con el comportamiento de la temperatura promedio. Tanto ZEA como DON se presentaron frecuentemente en concentraciones considerables (231 ± 224 y $869 \pm 961 \mu\text{g}/\text{kg}$); a diferencia de lo que se ha observado con las AFs producidas por *Aspergillus* spp. Sino que ZEA y DON producidas por *Fusarium* spp. no predominaron en el periodo lluvioso, sino que los hongos se comportaron como microorganismos de almacén con una ocurrencia menor en el verano. Es probable que las estrategias de control de la contaminación por AFs estén funcionando adecuadamente también para las demás AFs (Kihal et al., 2022), ya que las prácticas precosecha, postcosecha y el uso de secuestrantes y fungicidas, son inespecíficos y reducen la incorporación de las MTs a la cadena alimenticia.

Conclusiones

En este estudio se demostró que la ración total mezclada de las vacas lecheras en la región semiárida del centro de México se encuentra contaminada con Zearalenona, Deoxinivalenol, Fumonisinas B y Ocratoxina A. Aunque solamente ZEA y DON rebasaron los límites legales, es probable que el efecto aditivo o sinérgico de todas las MTs estén afectando la salud de las vacas lecheras de forma subclínica, el comportamiento productivo, reproductivo y la tasa de desecho precoz, por lo que parece necesario continuar durante todas las estaciones del año con los métodos de control de la contaminación por micotoxinas.

Agradecimientos y fuente financiadora

El estudio fue financiado por la Universidad Autónoma de Aguascalientes (PIP/SA 22-2, Programa de Investigación Pecuaria).

Referencias bibliográficas

1. Álvarez, F., Torres, B., Valdivia, A.G., Quezada, T., Alejos, J.I., *Aspergillus flavus* and total aflatoxins occurrence in dairy feed and aflatoxin m1 in bovine milk in Aguascalientes, Mexico. Toxins 2022, 14, 292. <https://doi.org/10.3390/toxins14050292>.
2. Hernández, E., Valdivia, A.G., Cruz, C., Martínez, M.C., Quezada, T., Rangel, E.J. Diagnosis of subclinical aflatoxicosis by biochemical changes in dairy cows under field conditions. Pak. Vet. J. 2020, 41, 2074–7764. <https://doi.org/10.29261/pakvetj/2020.075>.
3. Kihal, A., Rodríguez-Prado, M., & Calsamiglia, S. The efficacy of mycotoxin binders to control mycotoxins in feeds and the potential risk of interactions with nutrient: a review. J. Anim. Sci. 2022, 100: skac328. <https://doi.org/10.1093/jas/skac328>
4. Rangel, E.J., Valdivia, A.G., Moreno, O., Hernández, S., Cruz, C., De Luna, M.C., Characterization of *Aspergillus flavus* and quantification of aflatoxins in feed and raw milk of cows in Aguascalientes, Mexico. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 2020, 11, 435–454. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5686>.
5. Romo, C. E., Parga, N., Valdivia, A. G., Carranza, R. G., Montoya, M. D. C., Llamas, A. A., Aguilar, M. M. Perspectivas sobre la continuidad, calidad de leche y entorno en unidades de producción de leche en el estado de Aguascalientes, México. Rev. Mex. Cienc. Pecu, 2022, 13(2), 357-374. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5744>

ISLAS DE PATOGENICIDAD DE *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *ovis*, AISLADOS MEXICANOS 1-6 y 1-62L-J.

Mabel Gethsemani Jaimes-González¹, Roberto Montes de Oca-Jiménez^{1,2*}, Siomar de Castro-Soares³, María Carla Rodríguez Domínguez¹, Martha Elba Ruiz Riva Palacio², Adriana del Carmen Gutiérrez Castillo¹, Vasco Ariston de Carvalho Azevedo⁴, Adriana Alicia Gallardo⁵.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Km 15.5 Autopista de cuota Toluca - Atlacomulco. Toluca, Estado de México. México. ²Plantel Sor Juana Inés de la Cruz. UAEM AMECAMECA. Universidad Autónoma del Estado de México. ³Departamento de Microbiología, Inmunología y Parasitología, Universidad Federal del Triángulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brazil. ⁴Departamento de Genética, Ecología y Evolución. Universidad Federal de Minas Gerais, Brazil. Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina.

*Autor para correspondencia: romojimenez@yahoo.com

Palabras clave: *Corynebacterium pseudotuberculosis*, islas de patogenicidad, factores de virulencia.

Introducción

La Linfadenitis caseosa (LAC) es una enfermedad de origen bacteriano que impacta en las producciones de ovejas y cabras de todo el mundo, manifestada por el desarrollo de piogramulomas localizados en los nódulos linfáticos superficiales y órganos internos como pulmones, hígado y riñón (Osman *et al.*, 2018). LAC tiende a volverse endémica dentro de los rebaños provocando el deterioro de la condición física de los animales, disminuyendo su productividad. El agente etiológico es *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *ovis*, se trata de un microorganismo zoonótico, cocobacilo, intracelular facultativo, gram positivo, no flagelado y no formador de esporas (Dorella *et al.*, 2006). La patogenicidad de *C. pseudotuberculosis* se ve favorecida por la presencia de factores de virulencia determinantes para el desarrollo de la enfermedad en el hospedero: gen de la exotoxina PLD, genes involucrados en la adquisición de hierro y otros metales esenciales, así como genes de resistencia a múltiples fármacos (Ruiz *et al.*, 2011). Los genes que codifican a factores de virulencia se encuentran agrupados dentro del genoma en regiones denominadas islas de patogenicidad (PiCp). La importancia del estudio de estas regiones radica en la identificación de agentes potenciales a dianas de vacunas, antimicrobianos y medios diagnósticos (Soares *et al.*, 2013).

Objetivo

Analizar los genes alojados dentro de las islas de patogenicidad de los aislados mexicanos 1-6 y 1-62L-J de *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *ovis*.

Materiales y métodos

Para la obtención de ambos aislados se colectó contenido de tipo seroso de abscesos cutáneos, de dos ovejas hembras de la región de la cabeza, con buena condición corporal y del municipio de Zapotlanejo, Jalisco. El aislamiento de *C. pseudotuberculosis* se realizó a través del cultivo en placas de agar sangre para la identificación de colonias características, posteriormente las colonias se pasaron a 5 ml de un medio líquido infusión cerebro corazón. La identificación molecular se realizó por PCR Cuadruplex mediante la amplificación múltiple de fragmentos de cuatro genes específicos 16s rRNA, *rpoB*, *pld* y *narG*. La secuenciación del genoma completo se gestionó mediante la técnica Illumina, para su posterior ensamblaje y anotación del genoma mediante el software SPAdes y Prokka respectivamente. La predicción de las coordenadas de las islas de patogenicidad se realizó mediante el software GIPSY, un software diseñado para predicción de islas genómicas (GEI).

Resultados y discusión

Los dos aislados identificados como 1-6 y 1-62L-J corresponden al microorganismo *C. pseudotuberculosis* presentando un tamaño genómico de 2,332,007 bp y 2,337,302 bp respectivamente. Fueron detectadas quince islas de patogenicidad. Los resultados más relevantes emitidos por GIPSY son las coordenadas de la posición de las islas dentro del genoma, para la posterior búsqueda de los genes alojados en las regiones. Los aislados presentan catorce islas compartidas y una isla única cada uno.

Islas compartidas entre los aislados 1-6 y 1-62L-J

PiCp1: Alberga el gen *copA* que codifica a una ATPasa tipo P exportadora de cobre. El cobre es un micronutriente que se ha sido utilizado como agente antimicrobiano. El gen *ctpC* codifica a una ATPasa tipo P exportadora de manganeso. **PiCp2:** El gen *yggS* codifica una proteína de homeostasis del fosfato de piridoxal. En *E. coli*, la ausencia de *yggS* provoca alteraciones en los niveles de aminoácidos metabólicos (Wang *et al.*, 2022). Por otro lado, el gen *nikA* codifica a una proteína fijadora de níquel, un metal de transición usado como cofactor esencial para varias enzimas bacterianas. Se identificó el gen *mdtH* que confiere resistencia a los antibióticos clasificados como quinolonas. Además, PiCp2 alberga el gen *artM* que codifica la permeasa transportadora ABC de arginina, una gran subfamilia de transportadores ABC que permite la absorción de nutrientes. **PiCp3:** Esta isla alberga genes que complementan el transporte del níquel: *nikB* y *btuB*. También fueron detectados dos genes implicados en el transporte de vitamina B12: el gen *btuD* y *btuC*. El gen *appA* codifica una proteína de unión necesaria en el sistema de transporte de oligopeptidos. PiCp 3 también alberga el gen *fecE*, involucrado en el transporte de dicitrato de Fe (3+). **PiCp4:** Están los genes *ureD*, *ureG*, *ureF*, *ureE*, *ureC*, *ureB* y *ureA*. El operón es responsable de la adquisición de nitrógeno mediante la hidrólisis de urea. **PiCp5:** Alberga el gen *rkpK* funciona como una UDP-glucosa 6-deshidrogenasa, sus actividades enzimáticas son necesarias para la formación de ácido UDP-galacturónico única fuente de ácido galacturónico durante la síntesis de lipopolisacáridos. El gen *dcd* codifica una dCTP desaminasa, formadora de dUMP. En todos los organismos dUMP es el iniciador de los precursores de timidina para el ADN (Johansson *et al.*, 2003). **PiCp6:** Se encuentran dos genes involucrados en el catabolismo y transporte de glicerol-3-fosfato *glpQ* y *glpT*. Además, el gen *hmuU* codifica una proteína permeasa del sistema de transporte de hemina, usada como fuente de hierro. **PiCp7:** Esta isla alberga un grupo de genes esenciales involucrados en la patogenicidad de *Corynebacterium pseudotuberculosis*. Fue identificada la secuencia de un gen de la familia de transposasas *IS256*. El gen *pld* es considerado el principal factor de virulencia de *C. pseudotuberculosis*. Codifica una potente exotoxina que promueve la hidrólisis de los enlaces éster de la esfingomielina en las membranas celulares de los mamíferos, contribuyendo a la propagación de la bacteria dentro del hospedero (Ruiz *et al.*, 2011). Después de la secuencia de *pld* se encuentra el Operón *fag* responsable de la adquisición de hierro extracelular. **PiCp8:** alberga genes involucrados en la adquisición de metales esenciales para la supervivencia bacteriana. El gen *scaC* codifica un transportador de absorción de manganeso. El gen *mntD* complementa este sistema codificando una proteína de membrana del sistema de transporte de manganeso. Por su parte el gen *troA* codifica una proteína periplásica fijadora de zinc. **PiCp9:** fue identificado un grupo de genes involucrados en las vías anabólicas y catabólicas desoxirribonucleósidos: *deoR*, *deoD* y *deoC*. **PiCp10:** Esta isla alberga también el gen *phoB*, participa en la absorción y el metabolismo de fosfato inorgánico (Pi). El gen *kdpD* está involucrado en mantener niveles intracelulares de K+. **PiCp11:** Fue identificada la secuencia del gen *InrL* que codifica una proteína de unión a ATP de resistencia a linealicina. **PiCp12:** Se alberga el gen *degU* participa en diversos procesos involucrados en la síntesis de proteasas extracelulares, esporulación, y desarrollo de la competencia. Se idéntico la secuencia el gen *bcrA* que confiere protección contra bacitracina. **PiCp13:** Esta isla alberga el gen *dapC* que participa la vía biosintética de la lisina, aminoácido que integra proteínas de los seres vivos. **PiCp14:** En esta isla alberga genes comprometidos en el transporte y absorción de Fe(3+): *yfmC*, *feuC*, *fpuB* y *fatE*. Por último, los genes alojados en las islas únicas presentes en cada aislado fueron para el aislado **1-6** el *ribZ* que codifica para un transportador de riboflavina y el gen *mshD* para la micotiol acetiltransferasa. Para el aislado **62L-J** se identifica el gen *bmr3* que codifica para una proteína de resistencia a múltiples fármacos, el gen *umC* para un fumarato hidratasa clase II. Estas regiones no fueron identificadas como islas de patogenicidad putativas en cada aislado; sin embargo, los genes en ellas si están presentes en el genoma del otro, pero en distintas coordenadas y orden de aparición de los genes, esto se ve justificado por el flujo de búsqueda del software que identifica coordenadas de genes a través de características vinculadas a la transferencia horizontal de genes.

Ruiz y colaboradores (2011) reportan el hallazgo de la identificación de siete regiones con todas las características vinculadas a la transferencia horizontal de genes; en ese momento fueron reconocidas como islas de patogenicidad putativas de *C. pseudotuberculosis*. La identificación de las islas de patogenicidad se gestionó mediante un paquete de software diseñado para la predicción de islas de patogenicidad denominado PIPS (Ruiz *et al.*, 2011). A diferencia de nuestro trabajo que utiliza GIPSY, un software capaz de predecir cuatro tipos de GEIs (Isla de patogenicidad, Islas metabólicas, islas de resistencia a antibióticos e islas de simbiosis) (Soares *et al.*, 2016). Las predicciones de GEI se ejecutan a través de ocho pasos en los que se evalúa la presencia de las siguientes características genómicas: diferencias de la firma genómica (contenidos inusuales de G + C y uso de codones); presencia de genes transposasa;

factores de virulencia, metabolismo, resistencia a los antibióticos o simbiosis; genes de ARNt flanqueantes; y ausencia en otros genomas. Fue identificado el gen *pld*, operon *fag* y un gen de transposasa en la PiCp1, mientras que en nuestro trabajo fue identificado el mismo grupo de genes en la PiCp7. Actualmente se han reportado 16 PiCp. Estas regiones contienen bloques de genes implicados en la adhesión, invasión, colonización, propagación dentro del hospedero, supervivencia en el interior de las células infectadas y la evasión del sistema inmune (Ruiz *et al.*, 2011; Soares *et al.*, 2012; Soares *et al.*, 2013). Nuestro estudio afianza los argumentos antes planteados, después del análisis de genes identificados confirma su participación en la patogenicidad, estilo de vida de la bacteria y resistencia a antimicrobianos; muchos de ellos han sido estudiados en otras bacterias patógenas. lo que demuestra la evolución y adaptación de los microorganismos unicelulares.

Conclusiones

Las islas de patogenicidad son bloques continuos de genes que codifican a factores de virulencia y están presentes en aislados de *Corynebacterium pseudotuberculosis* de origen mexicano. El orden de localización de las islas de patogenicidad dentro del genoma puede variar, además de que al ser regiones adquiridas a través de transferencia genética horizontal se pueden perder o adquirir fácilmente. Las bacterias han adquirido genes de otras especies a favor de su supervivencia y patogenicidad. Los genes relacionados con la adquisición y transporte de hierro deben ser investigados a nivel bioquímico, para comprender su participación en la patogenicidad.

Fuente financiadora

El proyecto contó con financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México bajo el registro 6784/2022CCI: “Análisis de las islas de patogenicidad de aislados mexicanos de *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *ovis* a través del estudio de secuenciación del genoma completo”.

Referencias bibliográficas

1. Dorella, F.A., Pacheco, L.G., Oliveira, S.C., Miyoshi A., Azevedo V. (2006). *Corynebacterium pseudotuberculosis*: microbiology, biochemical properties, pathogenesis and molecular studies of virulence. *Veterinary research*. 37(2):201–218.
2. Johansson, E., Bjornberg, O., Nyman, P.O., Larsen, S. (2003). Structure of the bifunctional dCTP deaminase-dUTPase from *Methanocaldococcus jannaschii* and its relation to other homotrimeric dUTPases. *J Biol Chem*. Jul 25;278(30):27916-22.
3. Osman, A.Y.; Nordin, M.L.; Kadir, A.A.; Saharee, A.A. (2018). The Epidemiology and Pathophysiology of Caseous Lymphadenitis: A Review. *J. Vet. Med. Res.* 2018, 5,1129.
4. Ruiz, J.C., D'Afonseca, V., Silva, A., Ali, A., Pinto, A.C., et al., 2011. Evidence for Reductive Genome Evolution and Lateral Acquisition of Virulence Functions in Two *Corynebacterium pseudotuberculosis* Strains. *PLoS ONE* 6(4): e18551.
5. Soares, S.C., Geyik, H., Ramos, R.T., de Sá, P.H., Barbosa, E.G., Baumbach, J., Figueiredo, H.C., Miyoshi, A., Tauch, A., Silva, A., Azevedo, V. (2016) GIPSY: Genomic island prediction software. *J Biotechnol*. Aug 20;232:2-11.
6. Soares, S.C., Silva, A., Trost, E., Blom, J., Ramos, R., y Carneiro, A. (2013). The pan-genome of the animal pathogen *Corynebacterium pseudotuberculosis* reveals differences in genome plasticity between the biovar *ovis* and equi strains. *ONE*. 8(1): e53818.
7. Wang, Y., Zhao, Y., Xia, L., Chen, L., Liao, Y., Chen, B., Liu, Y., Gong, W., Tian, Y., Hu, B.(2022) yggS Encoding Pyridoxal 5'-Phosphate Binding Protein Is Required for Acidovorax citrulli Virulence. *Front Microbiol*. Jan 11;12:783862

PATOLOGÍA GASTROINTESTINAL ASOCIADAS A LAS PRINCIPALES PARASITOSIS EN BOVINOS DEL TRÓPICO DE COLIMA, MÉXICO.

Jorge Luis García-Valle^{1,2*}, Johnatan Alberto Ruiz-Ramírez², Julio Rafael Macedo-Barragán², Gabriel Alejandro Silva-Saucedo², Tiburcio Lizama-Munguía³, Mario Adán Bedolla-Alva⁴, Luis Jorge García-Márquez⁵.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Tecomán, Colima.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima. ³Laboratorio de Patología del Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria de Colima (CEFPPC). ⁴Centro de Enseñanza y Diagnóstico de Enfermedades de Bovinos (CEDEB)(FMVZ-UNAM) Tizayuca. ⁵Patología Diagnóstica Veterinaria, Colima.

*Autor para correspondencia: garcia.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: Bovinos, parásitos gastrointestinales, parasitosis, metazoarios.

Introducción

Las enfermedades parasitarias en los bovinos son una amenaza constante para el crecimiento, desarrollo y la salud animal en todo el mundo. Los parásitos que infestan a los bovinos que son considerados de importancia económica son: *Ostertagia ostertagi*, *Trichostrongylus axei*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Cooperia* sp., *Oesophagostomum radiatum*, *Haemonchus placei*, *Nematodirus helvetianus*, *Bunostomum phlebotomum*, *Dictyocaulus viviparus*, *Fasciola hepatica*, *F. gigantica* y *Paramphistomum* sp., *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*, *Rhipicephalus appendiculatus*, *Amblyomma cajennense*, *Amblyomma americanum*, *Amblyomma hebraeum*, *Ixodes ricinus*, *Haematobia irritans*, *Stomoxys calcitrans*, *Hipoderma bovis* y *Cochliomyia hominivorax*. Además del daño directo que ocasionan los parásitos, estos pueden ser vectores de virus, bacterias y protozoarios como *Anaplasma marginale*, *A. centrales*, *Babesia bovis*, *B. bigemina*, *Theileria parva*, *Ehrlichia ruminantium* (Pulido-Medellín et al., 2022, Melo et al., 2023, Pyrek et al., 2024). Las parasitosis son responsables de pérdidas económicas debido a las enfermedades que causan, tratamientos y desparasitaciones costosas, además de la mortalidad. Se han estimado pérdidas por estas parasitosis en el ganado bovino en algunos países como Brasil de US\$7.11 para los parásitos gastrointestinales, US\$0.210 para los trematodos y US\$3.24 para las garrapatas; para los USA de US\$8.5 para los parásitos gastrointestinales, US\$0.0011 para los trematodos y para México US\$0.45 para los parásitos gastrointestinales, US\$0.13 para los trematodos y US\$0.57 para las garrapatas (Pulido-Medellín et al., 2022, Melo et al., 2023, Pyrek et al., 2024). En México, existen información sobre la prevalencia de parásitos gastrointestinales de los bovinos, sin embargo, hay poca información sobre aspectos macroscópicos e histopatológicos para el diagnóstico de parasitosis en bovinos

Objetivo

Describir las lesiones que ocasionan los principales parásitos en el sistema digestivo de los bovinos de doble propósito del Estado de Colima, México.

Materiales y métodos

El estudio fue descriptivo, retrospectivo y por conveniencia. **Ubicación:** se llevó a cabo en el estado de Colima, situado en el occidente de México, entre los 18°41'-19°31' de latitud Norte y los 103°29'-104°41' de longitud Oeste; clima cálido subhúmedo y seco-semiseco, altura media de 570 m. s. n. m., temperatura media 25°C, precipitación pluvial de 790 a 900 mm. **Procedimiento:** se practicaron veinte necropsias de bovinos durante 2022-2023, que pastoreaban en praderas de temporal con pasto estrella africana (*Cynodon nemfuensis*) y se suplementa con rastrojo de maíz, punta de caña y sales minerales.

Necropsias: se realizaron en las diferentes Unidades de Producción Pecuarias (UPP) del estado de Colima. Durante el estudio *post mortem* se localizaron e identificaron los parásitos en el sistema digestivo y anexos, se describen los cambios macroscópicos y secciones de estos tejidos parasitados se remitieron al Laboratorio de Patología de la Universidad de Colima, así como del Laboratorio de Patología del Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria de Colima (CEFPPC). Cabe señalar que los parásitos encontrados durante las necropsias fueron hallazgos y ninguno de estos ocasionó la muerte de los animales. **Técnica:** los tejidos parasitados se fijaron en formalina neutralizada a pH 7.2 al 10 %, fueron

procesados con la técnica histológica de rutina, se cortaron a 5 µm y se tiñeron con hematoxilina-eosina (HE), ácido peryódico de Schiff (PAS) y tinción tricrómica de Masson.

Resultados

Necropsias: durante la anamnesis y examen clínico, los animales presentaron edemas subcutáneos (anasarca), mucosas pálidas, deshidratación y condición corporal baja de 2/5, fueron cuatro hembras y un macho, mayores de 4 años de edad y sus cruzas de ganado cebuino con europeo. Los parásitos encontrados entre junio y noviembre (verano y otoño) como hallazgos únicamente en el transcurso de cinco necropsias fueron: *Paramphistomum* sp., se observaron trematodos pequeños de 0.5mm de color amarillo marrón en el rumen, adheridos con la ventosa oral a las papilas ruminantes, ocasionando atrofia, congestión, hemorragias, erosión, ulceración y necrosis; otros trematodos libres en la mucosa ruminal, no se observaron parásitos en retículo, abomaso e intestino delgado. *Haemonchus* sp., se observaron nematodos adultos de 10-30mm de longitud entre los pliegues abomasales entremezclados con abundante moco y sangre, la mucosa presentó petequias y ulceraciones multifocales. *Ostertagia* sp., sobre la mucosa y sus pliegues abomasales se observaron múltiples nódulos pequeños umbilicados desde 0.2mm hasta 0.5mm, con moco y edema de los pliegues, además de necrosis y hemorragias. *Oesophagostomum* sp., en ileon e intestino grueso se localizaron múltiples nódulos redondos a irregulares de color blanco-amarillento sobre la serosa y mucosa intestinal, con dimensión de entre 0.2-cm a 1-cm de diámetro y de consistencia firme a duros, con exudado caseoso. La mucosa con características similares a las descritas en serosa. *Fasciola hepatica*. Se observan lesiones producidas por la migración larvaria y los parásitos adultos en los conductos biliares. Los trematodos adultos son en forma de hoja y miden de 2.5 a 3cm de longitud por 1.15cm de anchura, los conductos biliares contienen un líquido de color marrón oscuro, mucinoso y firmes, con degeneración, necrosis, detritus celular, estasis biliar y proliferación de tejido conectivo. Lóbulos hepáticos con atrofia, endurecidos e irregulares (cirrosis). En superficie visceral, hay cambios fibrino-hemorrágicos, con adherencias y engrosamiento multifocal o difuso por tejido conectivo. Se observan túneles de migración tortuosos, blancos-amarillentos, hemorrágicos y firmes a duros que contienen sangre, material necrótico, depósito de minerales y parásitos. **Histopatología:** *Paramphistomum* sp., se observaron cambios en las papilas del rumen, proliferación, hemorragia, edema, necrosis, atrofia del epitelio que cubre a la papila, degeneración hidrópica, formación de pústulas e hiperqueratosis cercanas a la inserción del parásito, la longitud y el espesor de la papila ruminal disminuyen; además de infiltración inflamatoria en la submucosa y mucosa de linfocitos, células plasmáticas, mastocitos, eosinófilos y proliferación de tejido fibroso (fibroplasia). Atrofia de la capa longitudinal y circular de la muscular del rumen. *Haemonchus* sp., se observaron hemorragias y ulceras multifocales, sobre la mucosa y submucosa abomasal con infiltración de células inflamatorias: linfocitos, células plasmáticas y escasos eosinófilos. *Ostertagia* sp., se observan cortes del parásito con medidas de 6-10 mm y algunos emergen de las glándulas gástricas, con hiperplasia y metaplasia epitelial con moderado infiltrado inflamatorio en lámina propia y submucosa por linfocitos, plasmáticas, escasos eosinófilos y mastocitos. *Oesophagostomum* sp., lesiones multifocales sobre la submucosa, muscular y serosa, expandidas y sustituidas por granulomas, que protruyen la mucosa suprayacente. Estos granulomas eosinofílicos estaban compuestos de material eosinofílico claro acelular (necrosis), con agregados variables de material basofílico granular (mineral). Estas zonas de necrosis se encontraron delimitadas por numerosas células gigantes multinucleadas y epiteloides. En la periferia de dichas células había moderada cantidad de linfocitos, células plasmáticas y eosinófilos, intralesionalmente se encontraron parásitos en migración. Las vellosidades intestinales mostraban hemorragias, necrosis y células inflamatorias mononucleares. *Fasciola hepatica*. Se observa en los conductos biliares hiperplasia y en el parénquima hepático, hemorragias, hepatocitos degenerados y necróticos con infiltración de eosinófilos, linfocitos, macrófagos y células epiteloides y gigantes con tejido de granulación, con abundantes fibroblastos, fibroцитos y mineralización con presencia de parásitos.

Discusión

En México se han reportado prevalencias de 39% y 46.2% de parásitos gastrointestinales, en otros países de América como Perú, Venezuela, Colombia y Brazil se han reportado prevalencias de 24.5% hasta 95.6%. En otros países como Pakistán, Irak, Etiopía, Ghana, Canadá, India y Alemania la prevalencia varía de 20.03% hasta 90.8% (Pulido-Medellín et al., 2022). Los parásitos *Paramphistomum* sp., *Haemonchus* sp., *Ostertagia* sp., *Oesophagostomum* sp., y *Fasciola hepatica*, reportados en este trabajo, son los que se reportan en la literatura como los de mayor frecuencia y ocasionan más pérdidas económicas. Sin embargo, hay poca literatura que mencionan hallazgos macroscópicos y microscópicos que ocasionan los parásitos,

y los cambios aquí descritos son parecidos a los reportados por Rizwan, et al., 2022, Shoulah et al., 2024, Pyrek et al., 2024. En relación al sexo y la edad, menciona la literatura que las hembras presentan mayor prevalencia que los machos y los animales jóvenes son más propensos a infestarse con parásitos que los animales adultos (Pulido-Medellin et al., 2022, Melo et al., 2023). Los géneros y la diversidad de parásitos encontrados, están relacionados con otros factores: el tipo de sistema de producción, hábitos de pastoreo, densidad de pastoreo, clima, aspectos geográficos, genética, estatus inmunológico del animal, estado nutricional, calendarios de desparasitación, resistencia a los helmintos, procedimiento de muestreo, método diagnóstico (Pulido-Medellin et al., 2022, Melo et al., 2023). La época del año influye en la presencia de los parásitos, la presencia o prevalencia es mayor en los meses de junio a septiembre, que favorecen las condiciones ambientales como la lluvia, la temperatura y la humedad relativa, factores que influyen en la supervivencia, transmisión y desarrollo de todas las etapas de vida los parásitos gastrointestinales (Pulido-Medellin et al., 2022, Melo et al., 2023). En este estudio la presencia de estos parásitos se deben entre otras cosas a las condiciones climáticas, que favorecen la reproducción y sobrevivencia de los parásitos, malas prácticas de manejo, alimentación, medicina preventiva y bioseguridad, adoptadas por los ganaderos de la región.

Conclusiones

El conocimiento de las parasitosis y las lesiones que causan en el ganado bovino, sirven para entender la fisiopatología de la enfermedad, signología, aspectos epidemiológicos y factores de riesgo, además es importante plantear estudios para diagnosticar, prevenir, tratar, controlar y nuevas estrategias en la medicina preventiva y bioseguridad.

Referencias bibliográficas

1. Pulido-Medellin, M. O., Lopez Buitrago, H. A., Bulla-Castañeda, D. M., Garcia-Corredor, D. J., Diaz-Anaya, A. M., Giraldo-Forero, J. C., & Higuera-Piedrahita, R. I. (2022). Diagnosis of gastrointestinal parasites in bovines of the department of boyacá, Colombia. *Revista científica*, (44), 272-281.
2. Rizwan, H. M., Usman, M., Naeem, M. A., Farid, M. U., Younus, M., Sajid, M. S., ... & Asif, M. (2022). Prevalence of ruminant paramphistomosis and comparative histopathology of the infected rumens in Narowal district, Punjab, Pakistan. *Helminthologia*, 59(4), 377-384.
3. Shoulah, S. A., Gaballa, M. M., Al-Assas, M. M., Saqr, S. A., Gattan, H. S., & Selim, A. (2024). Histopathological changes and oxidative stress associated with Fascioliasis in bovines. *Tropical Animal Health and Production*, 56(2), 48.
4. Pyrek, P., Witt, K., Szpringiel, M., & Jaśkowski, B. M. (2024). Abomasal lesions found in postmortem examination of fattening Holstein-Friesian bulls from central Poland. *Veterinary Research Communications*, 1-7.
5. Melo, L. R. B., Sousa, L. C., Oliveira, C. S. M., Lima, B. A., Silva, A. L. P., Lima, E. F., ... & Vilela, V. L. R. (2023). Epidemiological survey of gastrointestinal infections by gastrointestinal nematodes and coccidia in cattle in the semiarid region of Northeastern Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, 44(1), 257-272.

DETECCIÓN SEROLÓGICA DE ANTICUERPOS ANTI-*Neospora caninum* CON UNA PRUEBA DE ELISA COMPETITIVA EN VACAS HOLSTEIN-FRIESIAN (*Bos taurus taurus*) CON ANTECEDENTES DE ABORTO EN LA COMARCA LAGUNERA.

Ana Melissa López-Álvarez¹, Jair Millán-Orozco^{2*}, Jersson Millán-Orozco², Antonio Martínez-Millán¹, María B. Bottini-Luzardo³, Valeria G. de la Cruz-González⁴, Juan Mosqueda⁴

¹Programa de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, ²Laboratorio de Anatomía, Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, División Regional de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna (UAAAAN-UL); ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2, Universidad Autónoma de Guerrero (FMVZ-UAGro); ⁴Laboratorio de Inmunología y Vacunas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (FCN-UAQ).

*Autor para correspondencia: jmillan.orozco@uuaan.edu.mx; millan.orozco@yahoo.com.mx

Palabras clave: Aborto, anticuerpos, bovinos de leche, ELISA-competitiva, *Neospora caninum*.

Introducción

El protozoario *Neospora caninum* (*N. caninum*) es uno de los principales agentes infecciosos del ganado lechero, el cual es capaz de producir aborto durante cualquier periodo de la gestación ⁽¹⁾, sin embargo, las vacas son más susceptibles de presentar aborto durante el segundo y tercer tercio ^(2,3). Los primeros reportes de *N. caninum* en nuestro país, se realizaron mediante estudios de histopatología ⁽⁴⁾, inmunohistoquímica y las lesiones presentadas en fetos abortados ⁽⁵⁾; sin embargo, el primer reporte sobre la detección serológica de anticuerpos en ganado lechero de la Comarca Lagunera, se implementó posteriormente ⁽⁶⁾. Las tasas de seroprevalencia reportadas en los principales estados productores de ganado de leche de nuestro país, van del 22-67% para Aguascalientes ^(1,3,7), del 14-42% para Coahuila ^(6,8,9), del 20-25% para Jalisco, y del 43-100% para Querétaro ⁽⁹⁾. Por otra parte, en vacas lecheras con antecedentes de aborto, las tasas de seroprevalencia han sido del 15% ⁽³⁾, 25-37% ⁽⁹⁾, 41% ⁽¹⁾, y 69% ⁽⁷⁾.

Objetivo

El presente estudio tuvo como objetivo realizar la detección serológica de anticuerpos (IgG) anti-*N. caninum* con una prueba de ELISA-competitiva en vacas Holstein-Friesian (*Bos taurus taurus*) con antecedentes de aborto en la Comarca Lagunera.

Materiales y métodos

Ciento treinta y tres vacas Holstein-Friesian (*Bos taurus taurus*; n=133) con antecedentes de aborto fueron muestreadas en dos establos de la Comarca Lagunera, localizados en los municipios de Matamoros (Campanario; n=67) y Torreón (Campo Sagrado; n=66), en el estado de Coahuila. Las vacas fueron divididas en tres grupos, de acuerdo al tercio de gestación en donde se había registrado el aborto (primer tercio, n=49; segundo tercio, n=48; tercer tercio, n=36). En Campanario, 20 vacas presentaron aborto durante el primer tercio, 32 abortaron durante el segundo tercio, y 15 abortaron durante el tercer tercio de gestación. En Campo Sagrado, 29 vacas presentaron aborto durante el primer tercio, mientras que 16 abortaron durante el segundo tercio, y 21 abortaron durante el tercer tercio de gestación. Se obtuvieron muestras de sangre individuales mediante la venopunción de la vena coccígea o yugular en tubos Vacutainer sin anticoagulante, las cuales se mantuvieron en gradillas, dentro de hieleras de unicef y a una temperatura de 22°C. Las muestras fueron transportadas y procesadas posteriormente, en el Laboratorio del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA-UAAAAN). Las muestras sanguíneas se centrifugaron a 2000 rpm durante 10 minutos. Los sueros fueron removidos individualmente y transferidos a tubos Eppendorf de 1.5 mL, y almacenados a 4°C hasta su posterior análisis. La detección de anticuerpos anti-*N. caninum* en suero, se llevó a cabo por triplicado, utilizando un Kit comercial de ELISA-competitiva (ID Screen®, *Neospora caninum* Competition, IDvet Innovative Diagnostics, Grabels, France), con una sensibilidad y especificidad del 100% ⁽¹⁰⁾, además de no presentar actividad cruzada con otros protozoarios apicomplejos como *Toxoplasma gondii* y *Besnoitia besnoiti*, comprobado por pruebas de exclusividad ante sueros positivos. Los sueros con valores de densidad óptica <0.3 y con un porcentaje de competición ≤50% fueron considerados como positivos, de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Las tasas de seroprevalencia general, por hato, y por tercio de gestación, fueron calculadas a través de una regla de

tres simple, multiplicando el número de animales seropositivos a la presencia de anticuerpos anti-*N. caninum* por el cien por ciento y dividido entre el número de animales muestreados.

Resultados y discusión

Del total de vacas muestreadas, sesenta y una de ellas presentaron anticuerpos circulantes en contra de *N. caninum*, con una seroprevalencia general de infección del 46% (61/133). De las sesenta y siete vacas muestreadas en Campanario, veintiséis de ellas resultaron positivas, con una seroprevalencia de infección del 39% (26/67), mientras que, en Campo Sagrado, de las sesenta y seis vacas muestreadas, treinta y cinco de ellas resultaron positivas, con una tasa de seroprevalencia de infección del 53% (35/66). De las sesenta y siete vacas muestreadas en Campanario, veinte de ellas habían abortado durante el primer tercio de gestación, de las cuales, cuatro fueron positivas, treinta y dos habían abortado durante el segundo tercio, de las cuales diecinueve resultaron positivas, mientras que, quince habían abortado durante el tercer tercio, de las cuales resultaron positivas tres de ellas, con tasas de seroprevalencia del 20% (4/20), 60% (19/32), y 20% (3/15); respectivamente. De las sesenta y seis vacas muestreadas en Campo Sagrado, veintinueve de ellas habían abortado durante el primer tercio de gestación, de las cuales, doce vacas resultaron positivas, diecisésis habían abortado durante el segundo tercio, de las cuales trece resultaron positivas, mientras que, veintiuna de ellas presentaron aborto durante el tercer tercio, de las cuales diez resultaron positivas, con tasas de seroprevalencia del 41% (12/29), 81% (13/16), y 48% (10/21); respectivamente. La tasa de seroprevalencia general de animales positivos a la presencia de anticuerpos anti-*N. caninum* de acuerdo al periodo de gestación en el que habían abortado, fue del 33% durante el primer tercio (16/49), mientras que el 67% se registró durante el segundo tercio (32/48), y el 36% durante el tercer tercio (13/36).

Las tasas de seroprevalencia registradas en el presente estudio, coinciden con aquellas reportadas en vacas con antecedentes de aborto, además de coincidir con los registros de otras investigaciones, en los cuales se ha demostrado que la mayor cantidad de vacas que presentan anticuerpos anti-*N. caninum* y aborto, se encuentran dentro del segundo tercio de gestación. Sin embargo, en el presente estudio, se registraron las tasas de seroprevalencia más altas hasta el momento dentro de nuestro país y la región de estudio para el segundo tercio de gestación, tanto general como entre estable.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio, muestran que, existe una perdida fetal sustancial relacionada a la presencia de anticuerpos anti-*N. caninum* en vacas con historial de aborto, tal como lo demuestran las tasas de seropositividad general, por hato, y por tercio de gestación. El presente estudio resalta la necesidad de atención a la neosporosis bovina por su importancia económica y reproductiva, debido a los abortos. Anticuerpos contra este patógeno, no habían sido detectados en ganado lechero de la Comarca Lagunera desde hace ya casi veinte años.

Agradecimientos y fuente financiadora

A los Sres. Salvador Álvarez Díaz, Salvador Vicente y Mónica María Álvarez Cruz, Ma. de Lourdes, Rafael y Mariana Álvarez Valdés (propietarios); a los MVZ's Sigifredo Hurtado Rodríguez, Antonio de Santiago Morales y José Guadalupe Nájera Marín, así como al personal de campo de ambos establos, por el apoyo otorgado durante el manejo de los animales y obtención de muestras sanguíneas. A los Dres. José Alberto Delgadillo Sánchez, Horacio Hernández Hernández y Gerardo Duarte Moreno, miembros del CIRCA-UAAAN, por las facilidades otorgadas para el procesamiento de las muestras sanguíneas y obtención de los sueros. A Ramón Corchado Soto, por la asistencia técnica en la obtención y procesamiento de muestras sanguíneas, obtención de sueros y la determinación de anticuerpos.

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-México) a través de la Subdirección de Investigación (Proyecto no. 38111-425501002-2730) y de la Subdirección de Difusión Científica y Tecnológica (Proyecto no. 38211-425503002-3293); así como del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT-México) a través del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII-México; Beca no. 323137).

Referencias bibliográficas

1. Sierra RC, Medina-Esparza L, Ramos-Parra M, García-Vázquez Z, Cruz-Vázquez C. Factores de riesgo asociados a la seroprevalencia de anticuerpos a *Neospora caninum* en ganado lechero de Aguascalientes, México. Rev Mex Cienc Pecu 2011;2(1):15-24.

2. Santana OI, Cruz-Vázquez C, Medina-Esparza L, Ramos-Parra M, Castellanos-Morales C, Quezada-Gallardo D. *Neospora caninum*: Detección de ADN en sangre durante la primera gestación de vaquillas infectadas naturalmente. Vet Méx 2010;41(2):131-137.
3. Cruz-Vázquez C, Vital-Gutiérrez J, Medina-Esparza L, Ortega-Mora L, Valdivia-Flores A, Quezada-Tristán T, Orihuela-Trujillo A. *Neospora caninum* Infection during the First Gestation of Holstein Heifers that Consume Food Contaminated Naturally with Zearalenone under Field Conditions. Iran J Parasitol 2017;12(4):563-571.
4. Elizalde GH. Estudio histopatológico retrospectivo de *Neospora caninum* de fetos de bovinos Holstein en la Comarca Lagunera [tesis de licenciatura] Torreón, Coahuila, México: División Regional de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna; 2001.
5. Morales E, Trigo FJ, Ibarra F, Puente E, Santacruz M. Neosporosis in Mexican Dairy Herds: Lesions and Immunohistochemical Detection of *Neospora caninum* in Fetuses. J Comp Path 2001a;125:58-63.
6. Salinas-Meléndez JA, Mora García JJ, Zárate Ramos JJ, Riojas Valdés VM, Hernández Vidal G, Dávalos Aranda G, Ramírez Romero R, Galán Alejo LC, Ávalos Ramírez R. Frecuencia de anticuerpos contra *Neospora caninum* en ganado bovino del noreste de México. Vet Méx 2005;36(3):303-311.
7. Morales E, Trigo TFJ, Ibarra VF, Puente CE, Santacruz M. Seroprevalence study of bovine neosporosis in Mexico. J Vet Diagn Invest 2001b;13:413-415.
8. Gutiérrez-González JJ, Gutiérrez González JJ, Cruz-Vázquez C, Medina-Esparza L, Valdivia-Flores A, Islas-Ojeda E, García-Vázquez Z. Factores de manejo asociados con la seroprevalencia a la infección por *Neospora caninum*, en ganado lechero de Aguascalientes, México. Vet Méx 2007;38(3):216-270.
9. García-Vázquez Z, Rosario-Cruz R, Ramos-Aragón A, Cruz-Vázquez C, Mapes-Sánchez G. *Neospora caninum* seropositivity and association with abortions in dairy cows in Mexico. Vet Parasitol 2005;134:61-65.
10. Ascencio-Díaz MP, Núñez-Martínez G, Sollano-Mendieta CE, Alaniz-Gutiérrez L, Rojas-García AR, Bottini-Luzardo M. Primer reporte de *Neospora caninum* en el ganado bovino de la Costa Chica de Guerrero, México. Agro productividad 2020;13(4):87-89.

PRESENCIA DE ASPERGILLUS SPP. Y FUSARIUM SPP. TOXIGÉNICOS EN MOSCA DOMÉSTICA DE ESTABLOS LECHEROS.

Erika Janet Rangel-Muñoz^{*1}, Arturo Gerardo Valdivia-Flores¹, Carlos Cruz-Vázquez², María Carolina de Luna-López¹, Emmanuel Hernández-Valdivia¹, Irene Vitela-Medolla², Leticia Medina-Esparza².

¹ Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes; ²Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes.

*Autor para correspondencia: janet.rangel@edu.uaa.mx

Palabras Clave: Vector mecánico, aflatoxinas, zearalenona.

Introducción

La mosca doméstica (*Musca domestica* L.) es un insecto cosmopolita que constituye una plaga importante, se alimenta principalmente de desechos orgánicos en descomposición, especialmente desechos fecales de animales y humanos; por lo que se ha asociado con parásitos intestinales (Patel et al., 2022), con numerosas bacterias y virus con potencial patógeno (Balaraman et al., 2021), y con hongos filamentosos. Entre los hongos filamentosos se destaca la importancia de los géneros *Aspergillus* y *Fusarium*, que incluyen diversas especies con capacidad de producir aflatoxinas y zearalenona, respectivamente. Las aflatoxinas (AFs) y la zearalenona (ZEA) se encuentran entre las micotoxinas más preocupantes para el sector agropecuario. En las vacas lecheras, la exposición crónica a la AFs afecta la función hepática y la capacidad inmune, provocando susceptibilidad a enfermedades y reduciendo la producción lechera. Cuando las vacas lecheras ingieren AFs de forraje contaminado, los metabolitos hidroxilados (AFM₁ y AFM₂) pueden transferirse a la leche, lo que representa un riesgo para la salud humana. La estructura química de ZEA tiene similitudes con los estrógenos naturales; por lo tanto, compite con ellos para unirse al receptor celular y muestra propiedades estrogénicas no esteroides. Por esta razón, ZEA se ha asociado con disfunciones endometriales y carcinomas mamarios en mujeres que la ingieren en alimentos contaminados. En el ganado lechero, ZEA provoca cambios en la actividad estrogénica, problemas reproductivos e infertilidad, induciendo en consecuencia una disminución de la producción de leche e importantes pérdidas económicas (Jing et al., 2021). La incorporación de micotoxinas a la cadena alimentaria se produce mediante la diseminación de esporas de hongos y el crecimiento de micelios en cultivos agrícolas durante el transporte de los productos cosechados, poniendo en peligro la salud de quienes consumen los productos contaminados. La ingesta de AFs y ZEA a través de la dieta contaminada, produce un deterioro en la salud de las vacas lecheras que la consumen y una disminución de su productividad (Rangel-Muñoz et al., 2020). Una forma probable de diseminación de las esporas de hongos toxigénicos, aunque poco estudiada hasta la fecha, podría ser a través de la movilización ejercida por la ubicuidad de la mosca doméstica (Rangel et al., 2023).

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue identificar la presencia de hongos *Aspergillus* spp. productores de aflatoxinas y *Fusarium* spp. productores de ZEA en moscas domésticas colectadas en establos lecheros de Aguascalientes.

Materiales y métodos

Se recolectaron moscas domésticas en 10 establos lecheros del estado de Aguascalientes, empleando trampas artesanales y un atrayente ecológico; las trampas fueron colocadas en 7 sitios diferentes de cada uno de los establos (silo, sala de ordeña, becerreras, bodega y 3 comederos). Las moscas recolectadas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 0.5% durante un minuto y se enjuagaron con agua destilada estéril tres veces, posteriormente se bañaron en una solución de peptona de caseína al 1%, a una dilución de 10⁻¹. El sobrenadante se sembró en placas con medio de crecimiento Sabouraud y PDA, se monitoreó su crecimiento y se identificaron las características de las colonias fúngicas mediante preparaciones de azul de algodón-lactofenol. En los aislados que presentaron características morfológicas congruentes a los géneros *Aspergillus* y *Fusarium*; se cuantificó la presencia de aflatoxinas y zearalenona, mediante la técnica de inmunoensayo enzimático (ELISA) competitivo, empleando kits comerciales y siguiendo los protocolos sugeridos y estandarizados por el proveedor (Ridascreen Fast Aflatoxin, Art. No. R5202 y Ridascreen Fast Zearalenone, Art. No. R5502, r-Biopharm). Las variables cuantitativas de peso y

número de moscas capturadas se sometieron a un ANOVA de una vía, considerando como factores separados la granja y el sitio de muestreo; se aseguró la normalidad y homocedasticidad de los factores. También se realizó el procedimiento para la prueba de separación de rangos de Tukey (diferencia honestamente significativa), y los límites superior e inferior de un intervalo de confianza del 95 % se establecieron utilizando el software estadístico Statgraphics (Centurion XV versión 16.1.03).

Resultados y discusión

Se recolectaron moscas domésticas en todas las granjas lecheras y en todos los sitios de muestreo. El promedio de moscas atrapadas (45.3 ± 7.5) y peso (567 ± 110 g) se distribuyó homogéneamente entre los diferentes sitios de muestreo considerados en las granjas. Se identificaron un total de 106 aislamientos de hongos; 56 aislamientos correspondieron al género *Fusarium* y 50 al género *Aspergillus*. Su distribución por sitio de recolección se muestra en la Tabla 2; la mayoría de los aislamientos (25,5%) se obtuvieron de moscas atrapadas en la superficie de corte del silo. En las moscas atrapadas en los comederos de vacas de producción se identificó un porcentaje menor de aislados (15%, 12.2% y 10.3%, respectivamente); sin embargo, el promedio de colonias de aislamientos de hongos entre los 3 comederos (39,6%) superó el porcentaje de aislamientos obtenidos del resto de los sitios muestreados. En el almacén de alimento, sala de ordeño y sala de cría, el porcentaje de aislamientos fue menor (17,1%, 12,3% y 7,6%, respectivamente). La capacidad de producir AFs se detectó en 12 aislados del género *Aspergillus*, observándose un promedio de 327 ± 143 µg/kg; el mayor porcentaje (41,7%) de los aislamientos provino de moscas recolectadas de la superficie de silo corte. En el caso del género *Fusarium*, la capacidad de producir ZEA se detectó en 10 aislados ($3,132 \pm 665$ µg/kg); el porcentaje más alto (40%) de estos aislamientos provino de moscas recolectadas en la sala de ordeño. Además, las micotoxinas se detectaron en aislamientos provenientes de moscas recolectadas en comederos de alto nivel de producción de leche, cuartos de cría y almacenes de alimento. Estas micotoxinas han sido detectadas en alimentos de consumo humano y animal, y aunque existe poca información sobre el potencial toxigénico de este género de hongos movilizados por moscas domésticas, estas micotoxinas ya han sido detectadas en aislamientos obtenidos de moscas capturadas en fosas sépticas rurales. Esto sugiere que las moscas pueden funcionar como vectores mecánicos que movilizan esporas de hongos desde diferentes reservorios naturales hacia los ambientes donde viven humanos y animales domésticos, lo que puede implicar la existencia de una vía para la contaminación del alimento por hongos y eventualmente sus metabolitos hacia la cadena alimentaria.

Se ha sugerido que la intensidad poblacional de la mosca doméstica está asociada a la atracción por los olores producidos por la fermentación de carbohidratos y materiales orgánicos que se presentan naturalmente en la basura y el estiércol, provocados por malas medidas higiénicas. De ahí que se recomienda que los establos lecheros mantengan un adecuado programa de control de infestaciones de moscas, con el objetivo de limitar su desarrollo, particularmente durante el verano, y en consecuencia disminuir las posibilidades de magnificar el potencial de movilización de estos patógenos dentro y fuera de la granja, así como sus efectos negativos sobre el bienestar del ganado.

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que *M. domestica* está ampliamente presente en las granjas lecheras y que es portadora de *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp., que tienen la capacidad de producir micotoxinas en condiciones *in vitro*, representando la posibilidad de que los hongos puedan movilizarse y eventualmente contaminar granos y forrajes que forman parte de la dieta del ganado lechero.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías de México por otorgar el apoyo financiero (No. 1233877), a la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA Project No. PIP/SA 2022-2) y a los propietarios de los establos lecheros por facilitar el acceso y recolección de las moscas.

Referencias bibliográficas

1. Patel, A., M. Jenkins, K. Rhoden, and A. N. Barnes. 2022. A systematic review of zoonotic enteric parasites carried by flies, cockroaches, and dung beetles. *Pathogens* 11:90–113. <https://doi.org/10.3390/pathogens11010090>.

2. Balaraman, V., B. S. Drolet, D. N. Mitzel, W. C. Wilson, J. Owens, N. N. Gaudreault, D. A. Meekins, D. Bold, J. D. Trujillo, L. E. Noronha, J. E. Richt, and D. Nayduch. 2021. Mechanical transmission of SARS-CoV-2 by house flies. *Parasit. Vectors* 14:214. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04703-8>.
3. Jiang, Y., I. M. Ogunade, D. Vyas, and A. T. Adesogan. 2021. Aflatoxin in dairy cows: Toxicity, occurrence in feedstuffs and milk and dietary mitigation strategies. *Toxins (Basel)* 13:283. <https://doi.org/10.3390/toxins13040283>.
4. Rangel-Muñoz, E. J., A. G. Valdivia-Flores, O. Moreno-Rico, S. Hernández-Delgado, C. Cruz-Vázquez, M. C. de-Luna-López, T. Quezada-Tristán, R. Ortiz-Martínez, and N. Méyek-Pérez. 2020. Characterization of *Aspergillus flavus* and quantification of aflatoxins in feed and raw milk of cows in Aguascalientes, Mexico. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 11:435–454. <https://doi.org/10.22319/rmc.v11i2.5686>.
5. Rangel-Muñoz, E. J., C. Cruz-Vázquez, A. G. Valdivia-Flores, I. Vitela-Mendoza, L. Medina-Esparza. 2023. Presence of the toxigenic fungi *Aspergillus* spp. and *Fusarium* spp. in *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) collected from dairy farms. *J. Dairy Sci.* 106:5468–5473. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23053>

FRECUENCIA DE LA PARATUBERCULOSIS, LINFADENITIS CASEOSA Y BRUCELLA MELITENSIS A NIVEL DE REBAÑO EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES.

Gabriel Ernesto Pallás Guzmán^{1*}, José de Jesús Hernández-Rángel¹, Gerardo Segura Bernal¹.

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes.

*Autor para correspondencia: gabpallas@gmail.com

Palabras clave: Ovinos, Paratuberculosis, Linfadenitis caseosa, Brucella melitensis, Aguascalientes.

Introducción

La producción ovina en México ha crecido durante los últimos 30 años en cuanto a calidad, razas y productividad, sin embargo, la sanidad en las unidades de producción aun presenta retos debido a la falta de diagnósticos oportunos y el poco interés de los productores por incidir en esta faceta de la producción. Los estudios de frecuencia de enfermedades son comunes en diversas especies y patologías, no obstante, existe una gran variación entre ellos debido a la poca homogeneidad de metodologías, disponibilidad y fiabilidad de la prueba. La paratuberculosis, la *Burcella melitensis* y *Corynebacterium pseudotuberculosis*, enfermedades de tipo infectocontagiosas, de tipo crónico, han sido identificados en varios estudios a nivel nacional y mundial con una amplia distribución y presencia en rebaños de pequeños rumiantes; presentan un importante impacto económico demostrado por una baja en la eficiencia productiva y reproductiva siendo también patologías reconocidas como zoonosis y enfermedades ocupacionales. La paratuberculosis enfermedad crónica de los rumiantes, causada por el *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), es caracterizada por una enteritis proliferativa, en donde los ejemplares afectados bajan su productividad, adelgazan y mueren (Whittington *et al.*, 2019). La *B. melitensis* (*B melitensis*) en ovinos presenta como síntomas más comunes fiebre aguda intensa, abortos y mortinatos (Ordoñez *et al.*, 2019), y el *Corynebacterium pseudotuberculosis* (*C pseudotuberculosis*) causante de la linfadenitis caseosa es también una enfermedad crónica que afecta a los ganglios linfáticos y otros órganos internos que promueven el deterioro productivo de los animales (Williamson, 2001). Para poder establecer programas de control efectivos y educacionales hacia los productores es que se hace necesario conocer el grado de presencia de las enfermedades en diversas regiones geográficas.

Objetivo

Identificar a nivel rebaño, la frecuencia de presentación de Paratuberculosis (MAP), Linfadenitis Caseosa (*C pseudotuberculosis*) y Brucellosis (*B melitensis*), diagnosticadas a lo largo de cinco años, en rebaños ovinos del estado de Aguascalientes.

Materiales y métodos

El presente estudio de tipo observacional, longitudinal, con una muestra no probabilística por conveniencia, se realizó a lo largo de cinco años (2014 a 2019) en treinta y ocho rebaños ovinos del estado de Aguascalientes distribuidos en sus once municipios, en donde mediante visitas frecuentes (semanales o quincenales), se atendieron animales con sospecha clínica de alguna de las enfermedades del presente o mediante muestreos sistemáticos para pruebas de campaña, ya sea movilización, monitoreo o hato libre, en el caso de *B. melitensis*. Se obtuvieron las muestras correspondientes a cada estudio para ser procesadas posteriormente en laboratorio. Las muestras obtenidas para diagnóstico de paratuberculosis fueron: suero sanguíneo y tejido de intestino delgado conservado en formol al 10%. Para diagnóstico de *B. melitensis* se tomaron muestras de suero sanguíneo. Y para Linfadenitis caseosa, muestra de exudado de abcesos en medio de Stuart. Las pruebas de laboratorio realizadas para la identificación de la enfermedad fueron: Paratuberculosis: Prueba de ELISA, para detección de animales seropositivos a MAP, en un protocolo correspondiente al modelo comercial de IDEXX: *Mycobacterium paratuberculosis antibody test kit*, Screening Ab se realizó la lectura de la placa en un Lector de Elisa marca BIOTEK, ELX800, a una densidad óptica de 450 nm (OD.450), estableciendo como positivos aquellos que obtienen un porcentaje M/P (Muestra /Control positivo) arriba o igual de 55% M/P y negativo o dudoso a partir de 45% M/P. Y diagnóstico por estudio histopatológico, identificando lesión característica de infiltración de macrófagos y presencia de células gigantes características de la granulomatosis intestinal, así como tejido teñido por Ziehl neelsen, donde se identifican la presencia de bacterias Ácido alcohol resistentes en los tejidos con lesiones granulomatosas. Para el diagnóstico de *B. melitensis* se realizaron pruebas serológicas oficiales de acuerdo

a la NOM 041-ZOO-1995, obteniendo los dictámenes oficiales correspondientes a cada prueba. Para el diagnóstico de *C. pseudotuberculosis*. Se realizó aislamiento bacteriano e identificación en un medio de Agar sangre, observando la presencia o no de hemólisis e identificación morfológica por medio de observación microscópica. Los resultados de frecuencia se procesaron mediante pruebas de estadística descriptiva.

Resultados

Paratuberculosis: En el caso del diagnóstico de paratuberculosis, existieron animales seropositivos a MAP en el 100% de los rebaños y un 50% de rebaños con individuos positivos a lesiones histopatológicas. **Linfadenitis Caseosa:** La presentación de animales con signos clínicos como abcesos y positivos al aislamiento y cultivo bacteriano de *Corynebacterium* con presencia de hemólisis fue observada en el 100% de los rebaños. **Brucelosis:** En el periodo de estudio no se identificaron animales positivos a *Brucella melitensis* en la prueba oficial realizada en todos los rebaños, por lo que la enfermedad no se presenta en ninguno de los rebaños. La frecuencia obtenida a nivel rebaño para: Paratuberculosis fue de 100%, para Linfadenitis caseosa fue de 100% y para Brucelosis de 0% como se observa en el cuadro 1.

	Paratuberculosis	Linfadenitis caseosa	Brucelosis (<i>B. melitensis</i>)
Número de rebaños	38	38	38
Prueba diagnóstica	ELISA/ Histopatología	Aislamiento bacteriano	NOM 041-ZOO-1995
Rebaños con casos positivos a las pruebas.	38	38	0
FRECUENCIA A NIVEL REBAÑO	100%	100%	0%

Tabla 3: Frecuencia de enfermedades crónicas a nivel rebaño en ovinos del estado de Aguascalientes.

Discusión

Los resultados de frecuencia a nivel de rebaño de la paratuberculosis, es un resultado coincidente con otros estudios conjuntos (Pallás et al., 2021) donde, a pesar de ser una enfermedad de difícil diagnóstico, se ha demostrado una amplia presencia a nivel nacional y mundial (Wittington et al., 2019). La baja frecuencia de positivos a pruebas serológicas de *Brucella melitensis* en ovinos, es coincidente con el estudio de Ramírez (2020) en Veracruz, así como Chiapas y Sonora, sin embargo, estados aledaños a Aguascalientes como Jalisco presentan una alta prevalencia en ovinos (Ordoñez 2019), estos trabajos mencionan sólo la presentación de brucella en ovinos, sin diferenciar entre los géneros ovis y melitensis. Sin embargo, de acuerdo con estos hallazgos es importante considerar otras causas de abortos y enfermedades de signología similar para establecer diagnósticos diferenciales adecuados. Una alta frecuencia hallada de linfadenitis caseosa, reportada por diversos trabajos y en base a su patogenia, se mantiene como una enfermedad que aparentemente no impacta en la producción, no obstante, se reportan pérdidas por baja producción de lana y afectaciones de canal, o ganancia de peso (Rodríguez et al., 2021). En el caso de estas enfermedades, a nivel mundial se pueden hallar vacunas para su control, por otra parte, en México sólo esta disponible para el caso de la Brucelosis, y en base a los resultados encontrados, es importante resaltar las medidas de bioseguridad, limpieza y desinfección como trascendentales para poder minimizar e impactar en programas de control de éstas y otras patologías presentes en los rebaños ovinos de Aguascalientes (Ordoñez et al., 2019; Wittington et al., 2019; Rodríguez et al., 2021).

Conclusiones

Se tiene una alta frecuencia (100%), de enfermedades de impacto a la productividad como son Paratuberculosis y Linfadenitis caseosa, por lo que se deben implementar programas de control estrictos estas patologías.

La baja frecuencia de *Brucella melitensis* (0%), indica que, ante la presencia de signos clínicos compatibles, se debe ampliar las posibilidades de diagnósticos diferenciales.

Agradecimientos

Se agradece a los productores asociados a la Asociación Ganadera Local de Ovinocultores y Caprinocultores de Aguascalientes AGLOYCA y a productores no afiliados, por su colaboración en la participación y disposición para la toma de muestras y seguimiento de dictámenes oficiales de campaña contra la brucelosis. Y al departamento de Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes por su apoyo con recursos físicos y materiales para el desarrollo del presente trabajo.

Bibliografía

1. Ordóñez-Velázquez, I. I., Martínez-Hernández, S., & Martínez-Falcón, A. P. (2019). Evaluación de la incidencia de brucelosis en Ganado ovino, caprino, y bovino en México (2017-2019) Evaluation of Brucellosis incidence in sheep, goat, and bovine cattle in Mexico (2017-2019). *Evaluation*, 2017.
2. Pallás-Guzmán, G., Quezada-Tristán, T., Chávez-Gris, G., Maldonado-Castro, E., Chávez-González, L., & García-Munguía, C. (2021). Identificación del Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis y su seroprevalencia en rebaños ovinos de Aguascalientes. *Abanico veterinario*, 11.
3. Ramírez, D. L. R., Herrera, D. I. M., Cardeña, Á. E. D. J. P., Cortés, J. A. V., Acosta, J. F. D. J. T., & Castro, R. F. (2020). Epidemiología de la brucelosis en tres áreas productoras de ovinos del estado de Veracruz, México. *Agrociencia*, 54(5), 661-672.
4. Rodríguez Domínguez, M. C., Montes de Oca Jiménez, R., & VarelaGuerreo, J. A. (2021). Linfadenitis caseosa: factores de virulencia, patogénesis y vacunas. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(4), 1221-1249.
5. Whittington, R., Donat, K., Weber, M. F., Kelton, D., Nielsen, S. S., Eisenberg, S., ... & De Waard, J. H. (2019). Control of paratuberculosis: who, why and how. A review of 48 countries. *BMC veterinary research*, 15, 1-29.
6. Williamson, L. H. (2001). Caseous lymphadenitis in small ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 17(2), 359-371.

INTERVALOS DE REFERENCIA PARA ELECTROLITOS Y pH EN SUERO DE ALPACAS (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758) ADULTAS DE URUGUAY.

Mernies, Beatriz^{1*}; Méndez, Virginia²; Cuñarro, Bibiana²; Millán Orozco, Jair³; Valledor María Soledad¹; Lima, Martín².

¹ Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Uruguay. ² Medicina Veterinaria de ejercicio liberal.

³ Departamento de Ciencias Médico Veterinarias. División Regional de Ciencia Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

*Autor para correspondencia: beatrizemernies1@gmail.com

Palabras clave: Camélidos sudamericanos, bioquímica sérica, rangos de referencia.

Introducción

La alpaca (*Vicugna pacos*, Linnaeus 1758) es uno de los camélidos domésticos autóctonos de Sudamérica, junto con la llama (*Lama glama*, Linnaeus 1758). La alpaca se distribuye principalmente en Perú (con el 90 % de las existencias) y luego en Bolivia, Chile y Argentina (Hoffman, 2006). Para Uruguay, los camélidos sudamericanos domésticos son un recurso exótico que se ha introducido con diversos fines, principalmente para la recreación (reservas, bioparques, establecimientos rurales turísticos) y como protectores de ovinos contra depredadores silvestres y domésticos. Pocos estudios de caracterización se han realizado sobre esta especie luego de establecida en Uruguay, siendo un ejemplo el de Pérez et al. (2016). La Medicina Veterinaria uruguaya carece de información sobre los niveles fisiológicos normales que desarrollan los camélidos sudamericanos cuando se adaptan a un país exótico que tiene baja altitud promedio de 117 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y con cuatro estaciones marcadas, con una alta humedad relativa media de 80 % durante el invierno.

Objetivos

El presente estudio tuvo como objetivos establecer los intervalos de referencia para los perfiles electrolíticos séricos de un rodeo comercial de alpacas criado en las condiciones de Uruguay y evaluar el efecto del sexo en las variables analizadas.

Materiales y métodos

Animales:

Se evaluó una muestra aleatoria de 24 alpacas adultas de apariencia sana, 13 machos y 11 hembras de la raza Huacaya, criadas a cielo abierto en un establecimiento rural turístico ubicado en Punta del Este, Maldonado (Latitud 34,4° S, longitud 55,0° W, altitud 60 m.s.n.m.). El rodeo analizado contaba con 97 animales en invierno de 2014 y fue creado a partir de la importación de reproductores de Chile. Como criterio de exclusión para la obtención de la muestra se evaluó si el animal tenía un recuento de eosinófilos fuera del intervalo de referencia (687 a 4867 células/ μ L) establecido por el Oregon Veterinary Diagnostic Laboratory

(https://vetmed.oregonstate.edu/sites/vetmed.oregonstate.edu/files/hematology_reference_intervals_6.5.23.pdf).

Colección y análisis de muestra:

Se realizó la extracción de sangre periférica en tubos secos para obtención de suero por parte de los Veterinarios de libre ejercicio que trabajaban en el establecimiento rural. La sangre se centrifugó a 5000 rpm para la separación de la interfase del suero y luego se conservó refrigerada hasta su análisis. Se determinaron los valores de sodio (Na, mEq/L), potasio (K, mEq/L), cloro (Cl, mEq/L), calcio iónico (Ca i, mg/dL), calcio total (Ca total, mg/dL) y pH en espectrofotómetro de llama en laboratorio privado veterinario.

Análisis estadísticos:

Se realizó la estadística descriptiva y el análisis exploratorio de los datos mediante el programa PAST (Hammer et al., 2001). Se evaluó la presencia de valores atípicos mediante el programa Reference Value Advisor V 2.1 (Geffré et al., 2011) según las recomendaciones para estudios veterinarios (Friedrichs et al., 2012). En los casos positivos, se eliminó el animal para esa variable y luego se volvió a correr el programa para el cálculo de los Intervalos de Referencia (RI) con sus respectivos intervalos de confianza (IC) al 90 %, de acuerdo con lo recomendado para una muestra de entre 20 y 40 animales (Friedrichs et al., 2012).

Se evaluó el efecto del sexo mediante la prueba de t (variables que presentaron distribución normal) o U de Mann-Whitney, como test no paramétrico, con un nivel de significación (alfa) de 0,05.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan los principales estadísticos descriptivos, los IR con sus IC al 90 %, el método utilizado (estándar o robusto) para los datos no transformados o con transformación Box-Cox. Además, se muestran dos IR bibliográficos.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos e Intervalos de Referencia para electrolitos y pH en suero de alpaca (*Vicugna pacos*) de Uruguay.

Variable	Na (mEq/L)	K (mEq/L)	Cl (mEq/L)	Ca i (mg/dL)	Ca total (mg/dL)	pH
N	23	24	22	24	24	24
Media	152,6	6	112,8	4,9	9,5	7,8
DS	2,5	0,7	2,4	0,3	0,6	0,2
Mediana	152,8	5,9	112,7	4,8	9,5	7,8
Mínimo	148,7	4,9	110,1	4,3	8,4	7,4
Máximo	156,7	7,4	118	5,6	10,9	8,1
IR (LI - LS)	147,4 - 157,9	4,6 - 7,8	107,6 - 118,0	4,1 - 5,5	8,2 - 10,8	7,4 - 8,1
IC 90 % (LI)	146,4 - 149,3	4,4 - 4,9	106,9 - 108,9	4,0 - 4,3	7,8 - 8,6	7,2 - 7,5
IC 90 % (LS)	156,8 - 159,5	7,2 - 8,5	115,9 - 119,7	5,3 - 5,7	10,5 - 11,2	8,0 - 8,2
Valores atípicos	1	0	2	0	0	0
Método	Robusto (Box-Cox)	Robusto (Box-Cox)	Estándar (Box-Cox)	Robusto (sin transformar)	Robusto (Box-Cox)	Robusto (Box-Cox)
Referencias bibliográficas:						
IR (LI - LS) de Oregon Veterinary Diagnostic Laboratory	142 - 154	4,1 - 6,3	110 - 115		8,4 - 10,4	
IR (LI - LS) de Dawson et al., 2011	146 - 155	4,0 - 5,7	106 - 116		8,2 - 10,1	

Aclaraciones:

N: número de alpacas. DS: desvío estándar. IR: Intervalo de Referencia. LI: Límite Inferior. LS: Límite Superior. IC: Intervalo de Confianza.

Los electrolitos Na y Cl no presentaron distribución normal (test de Lilliefors con $p < 0,05$) y tuvieron valores atípicos que se debieron eliminar para determinar los IR. Los límites superiores en este estudio fueron mayores para el Na y el K (principalmente), comparando con los IR de la bibliografía (Dawson et al., 2011; Oregon Veterinary Diagnostic Laboratory, https://vetmed.oregonstate.edu/sites/vetmed.oregonstate.edu/files/biochemistry_reference_intervals_1.pdf). En el caso del Cl y el Ca total, ambos límites fueron más extremos que los del IR de Oregon Veterinary Diagnostic Laboratory, pero solo el límite superior fue mayor que para el IR establecido por Dawson et al., 2011. No se encontraron IR para calcio iónico ni para pH.

En cuanto al efecto sexo, no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los electrolitos séricos ni para el pH ($p > 0,05$). Lo mismo fue observado por Dawson et. al (2011) excepto para el calcio iónico (aunque la diferencia dejó de ser significativa al eliminar el efecto del rodeo) y para el cloro, en el que se mantuvieron las diferencias.

En cuanto a los valores en hembras, nuestro estudio dio medias superiores para todos los electrolitos evaluados (6,1 mEq/L para K, 113,2 mEq/L para Cl y 9,6 mg/dL para Ca total) en relación con el estudio de Simmons et al (1993), excepto para el Na que fue levemente inferior (153,4 mEq/L).

Conclusiones

Se obtuvieron los primeros Intervalos de Referencia para electrolitos y pH en suero de alpaca criada en condiciones de Uruguay lo que es un aporte para la Medicina Veterinaria de este país.

Agradecimientos

Estancia Siglo XX, personal veterinario y de campo.

Referencias bibliográficas

1. Dawson, D.R.; DeFrancisco, R.J.; Mix, S.D., Stokol, T. 2011. Reference intervals for biochemical analytes in serum and heparinized plasma and serum protein fractions in adult alpacas (*Vicugna pacos*). *Veterinary Clinical Pathology*. 40/4. 538 -548.
2. Friedrichs, K.R.; Harr, K.E.; Freeman, K.P.; Szladovits, B.; Walton, R.M.; Barnhart, K.F.; Blanco-Chavez, J. 2012. ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics. *Veterinary Clinical Pathology*, 41, 441-453.

3. Geffré, A.; Concorde, D.; and Braun, J.P. 2011. Reference Value Advisor: a new freeware set of macroinstructions to calculate reference intervals with Microsoft Excel. *Veterinary Clinical Pathology*, 40, 107-112.
4. Hammer, O.; Harper, D. y Ryan, P. (SF). 2001. PAST: Paquete de Programas de estadística paleontológica para enseñanza y análisis de datos. [Documento en Línea]. Disponible: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/spain.htm. [Consulta: 9/6/2024].
5. Hoffman, E. (2006) Classification, prehistory and history. En: Hoffman E. The Complete Alpaca Book. 2a ed. Santa Cruz, Bonny Doon Press, 3-32 p.
6. Pérez, William; König, Horst Erich; Jerbi, Hassen; Clauss, Marcus (2016). Macroanatomical aspects of the gastrointestinal tract of the alpaca (*Vicugna pacos* Linnaeus, 1758) and dromedary (*Camelus dromedarius* Linnaeus, 1758). *Vertebrate Zoology*, 66(3):419-425.
7. Simons, J.A.; Waldron, D.L.; Hennessy, D.P. 1993 Clinical biochemical reference ranges for female alpacas
8. (Lama pacos). *Comp Biochem Physiol B*. 105:603–608.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INMUNOPROTECTORA DE UN POLIPÉPTIDO DE RMS-17 SOBRE LA INFESTACIÓN DE GARRAPATAS *RHIPICEPHALUS MICROPLUS* EN BOVINOS.

Rodolfo Lagunes-Quintanilla^{1*}, Roberto Castañeda-Arriola², René Camas-Pereyra¹, Edgar Castro-Saines¹, Rubén Hernández-Ortiz¹, Jaime Rangel-Quintos³

¹CENID-SAI / INIFAP, ²C.E. Huimanguillo-S.E. Pichucalco, ³Golfo Centro-La Posta

*Autor para correspondencia: lagunes.rodolfo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Garrapatas, *R. microplus*, vacuna.

Introducción

La garrapata *Rhipicephalus microplus* es el principal vector que ocasiona pérdidas económicas a la industria ganadera que se desarrolla en zonas tropicales y subtropicales. Los efectos negativos ocasionados por este vector se asocian principalmente a la disminución de la producción y a la transmisión de enfermedades como Babesiosis y Anaplasmosis bovina. El control se basa principalmente en la aplicación de agentes químicos denominados ixodicidas. Sin embargo, la utilización indiscriminada de estos productos en unidades de producción bovina (UP) han ocasionado la selección de garrapatas resistentes a prácticamente todas las familias químicas disponibles en el mercado (Lagunes-Quintanilla et al., 2010). Derivado de esto, el control immunológico representa una alternativa promisoria que se puede implementar dentro de un programa integrado de control. A la fecha, la única vacuna comercial que existe en México se basa en la proteína recombinante Bm86, la cual ha demostrado un efecto protector, sin embargo, su principal desventaja es la presencia de polimorfismos en la secuencia aminoacídica que limitan la eficacia dependiendo la zona geográfica donde se llevan a cabo los programas de control (García-García et al., 1999). Recientemente, se ha enfatizado en el estudio de diferentes antígenos potenciales que podrían ser de utilidad como vacunas; entre ellos, se encuentran las Serpinas, las cuales están involucradas en distintos procesos biológicos y fisiológicos de las garrapatas. En particular, la Serpina RmS-17 presenta características de interés que sugieren podría ser un buen candidato a vacuna (Tirloni et al., 2016).

Objetivo

Evaluar el efecto inmunoprotector de un polipéptido derivado de la proteína RmS-17 sobre la infestación de garrapatas *R. microplus* en bovinos.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el Sitio Experimental Pichucalco / INIFAP. Se utilizaron 15 bovinos raza *Bos Taurus* (criollo), los cuales fueron distribuidos en 3 grupos de 5 animales. El primer grupo fue inmunizado con el polipéptido de RmS-17, el segundo con solución salina más adyuvante (testigo) y el tercero con el antígeno Bm86 (control +). Se realizaron 3 inmunizaciones (día 0, día 30 y día 49) con 100 µg de antígeno recombinante más adyuvante comercial Montanide (ISA 50 V2, Seppic®) en un volumen final de 2 ml. Posteriormente, los bovinos fueron infestados al día 60 con 250 mg de larvas de garrapatas *R. microplus*, las cuales fueron colocados en el dorso de cada animal. Una vez que las garrapatas completaron su repleción fueron colectadas, pesadas y depositadas en cajas de Petri dentro de incubadoras con humedad relativa de 80% y temperatura de 27°C para permitir la oviposición y eclosión a las 2 y 5 semanas, respectivamente. De manera paralela se obtuvo el suero sanguíneo de todos los animales durante 18 semanas con el fin de analizar la cinética de producción de anticuerpos mediante la técnica de ELISA indirecto. Los parámetros a evaluar en las garrapatas *R. microplus* se realizaron acorde a la metodología descrita por Lagunes et al. (2016). La evaluación del efecto de la inmunización sobre las diferencias entre grupos en cuanto al número y los parámetros reproductivos de las garrapatas se analizaron por medio de la prueba de Kruskal-Wallis ($p<0.05$), así como para la determinación del nivel de anticuerpos por ELISA indirecto.

Resultados y discusión

En los resultados obtenidos se observó para el pRmS-17 una disminución significativa del 40% ($p<0.05$) en el número de garrapatas repletas, 28% en oviposición y 31% en eclosión (Cuadro 1); sin embargo, no se observó diferencias en cuanto al peso de las garrapatas adultas. En cuanto al grupo inmunizado con

Bm86 lo más destacado fue la reducción de 51% y 26% en cuanto al número de garrapatas y oviposición ($p<0.05$). De manera general, se obtuvo una eficacia de 70% y 67% para el pRmS-17 y Bm86, respectivamente. Estos resultados concuerdan con trabajos previos (Lagunes et al. 2016; Lagunes-Quintanilla et al., 2022) donde se ha observado que el efecto más drástico se obtiene en la reducción de garrapatas adultas y la oviposición, demostrando que el pRmS-17 posee un alto potencial como vacuna y estando a la par de otros antígenos en estudio. Así mismo, se ha reportado que la inmunización con Serpinas de glándulas salivales (rSerpin) aisladas a partir de *R. microplus* confieren una respuesta protectora en otros modelos de investigación y afectan los parámetros reproductivos de las garrapatas (Jittapalapong et al. 2010).

Cuadro 1. Porcentajes de reducción en los parámetros reproductivos de garrapatas *R. microplus*

GRUPO	GA	PG	PO	EF	E
pRmS-17	40%*	5%	28%*	31%*	70%
Bm86	51%*	0%	26%*	10%	67%
Testigo	(1050 ± 196)	(228 ± 98)	(340 ± 52)	(30 ± 1)	-----

Porcentaje de reducción calculado con respecto al grupo testigo: GA, número de garrapatas hembras repletas; PG, peso de garrapatas repletas; PO, peso de la masa de huevos; EF, eclosión; E, eficacia general. * Kruskal-Wallis ($p<0.05$).

En la figura 1, se muestra la cinética de anticuerpos durante las 18 semanas que duro el experimento. Los resultados demuestran que el pRmS-17 posee una capacidad inmunogénica importante y se refleja con los niveles de anticuerpos posteriores a la tercera inmunización que se mantienen elevados hasta la semana 12 que es cuando comienzan a decrecer. Para el caso de los anticuerpos anti-Bm86 presentaron un comportamiento típico, aumentando conforme se realizaban las inmunizaciones y manteniendo un comportamiento muy similar a los niveles producidos por el pRmS-17. Estos hallazgos sugieren que la eficacia en la disminución de la infestación fue debida a la respuesta protectora generada por los anticuerpos en ambos grupos, lo que está acorde con previos estudios (Lagunes-Quintanilla et al., 2022).

Conclusiones

Este es el primer trabajo donde se evalúa la capacidad protectora de un polipéptido derivado de la proteína RmS-17 en bovinos. Con base en los resultados obtenidos, concluimos que el pRmS-17 es inmunogénico y es capaz de producir niveles importantes de anticuerpos protectores. Esto sugiere que existió una respuesta inmune específica a la cual se le atribuye un efecto adverso en el potencial biótico de las garrapatas *R. microplus*. Finalmente, es necesario llevar a cabo ensayos experimentales complementarios para corroborar la eficacia del antígeno propuesto en este trabajo.

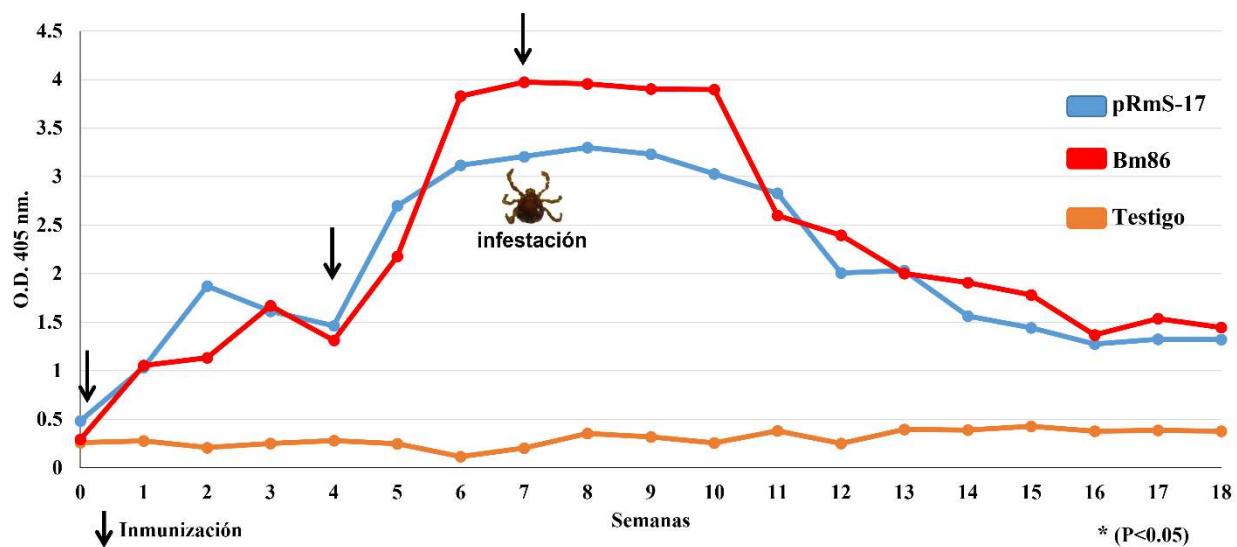


Figura 1. Cinética de anticuerpos inducidos por la aplicación del polipéptido de RmS-17 y Bm86. La gráfica muestra la inmunización en las semanas 0, 4 y 7, así como la infestación en la semana 7.

Reconocimiento y/o fuente financiadora

Proyecto financiado con fondos fiscales INIFAP, N° SIGI: 2-1.6-12273735667-P-M.2-2

Referencias

1. García-García J, González I, González D, Valdés M, Méndez L, et al. Sequence variations in the *Boophilus microplus* Bm86 locus and implications for immunoprotection in cattle vaccinated with this antigen. Experimental and Applied Acarology. 1999; 23: 883–895.
2. Jittapalapong S, Kaewhom P, Pumhom P, Canales M, de la Fuente J, et al. 2010. Immunization of rabbits with recombinant serine protease inhibitor reduces the performance of adult female *Rhipicephalus microplus*. Transboundary and Emerging Diseases; 57:103-106.
3. Lagunes R, Domínguez D, Quiroz H, Martínez M, Rosario R. 2016. Potential effects on *Rhipicephalus microplus* tick larvae fed on calves immunized with a Subolesin peptide predicted by epitope analysis. Tropical Biomedicine; 33:726-738.
4. Lagunes-Quintanilla R, Valdez-Espinoza UM, Hernández-Ortiz R, Castro-Saines E, Merino O, Mendoza-Martínez N. 2022. Experimental vaccination in rabbits using the peptide RmS-17 antigen reduces the performance of a Mexican *Rhipicephalus microplus* tick strain. Ticks and tick-borne diseases, 13, 102044.
5. Tirloni, L., Seixas, A., Mulenga, A., Da Silva Vaz Jr., I., Termignoni, C. A family of serine protease inhibitors (serpins) in the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Experimental Parasitology. 2014; 137:25–34.

EVALUACIÓN DE LA INMUNIZACIÓN CON SUBOLESINA + BM86 SOBRE LA INFESTACIÓN DE GARRAPATAS *Rhipicephalus microplus* EN BOVINOS DE VERACRUZ, MÉXICO.

Nancy Mendoza-Martínez¹, Rodolfo Lagunes-Quintanilla^{2*}, Miguel Alonso-Díaz³, Octavio Merino-Charrez⁴,

¹FMVZ / UNAM, ²CENID-SAI / INIFAP, ³CEIEGT-FMVZ / UNAM, ⁴FMVZ / UAT

*Autor para correspondencia: lagunes.rodolfo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Garrapatas, *R. microplus*, vacunas.

Introducción

Una de las limitantes para el crecimiento de la producción cárnica y lechera en las unidades de producción bovina nacional es la presencia de parásitos, principalmente las infestaciones generadas por garrapatas *R. microplus*, ya que afecta de forma negativa en la salud, bienestar y productividad animal, generando pérdidas económicas sustanciales, además de transmitir enfermedades que pueden llegar a ser mortales en el ganado, como Babesiosis y Anaplasmosis. El principal método de control se basa en el uso de acaricidas químicos; sin embargo, su uso indiscriminado ha favorecido el desarrollo y selección de garrapatas resistentes/multiresistentes a estos fármacos (Higa *et al.*, 2020), lo que ha obligado a investigar y desarrollar nuevas alternativas de control. La viabilidad de utilizar vacunas como método de control sostenible a largo plazo contra garrapatas ha sido demostrado desde el desarrollo y comercialización del antígeno recombinante Bm86, sin embargo, su principal desventaja es la presencia de polimorfismos en la secuencia aminoacídica que limitan la eficacia dependiendo la zona geográfica donde se llevan a cabo los programas de control (García-García *et al.*, 1999). Una de las estrategias para mejorar la eficacia en las vacunas contra garrapatas, es la combinación de dos o más antígenos, donde se ha observado un efecto sinérgico en distintos ensayos de inmunización en bovinos (Ndawula Jr. y Tabor, 2020).

Objetivo

Evaluar el efecto inmunoprotector de la combinación de los antígenos Subolesina (Sub) + Bm86 sobre la infestación natural de garrapatas *R. microplus* en bovinos en el estado de Veracruz, México.

Materiales y métodos

Este estudio fue realizado en un área experimental del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la FMVZ-UNAM, localizado en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, México. El experimento tuvo una duración de 24 semanas. Se utilizaron 12 bovinos hembra F1 (Holstein x Cebú) y ¾ Cebú de 5-14 meses de edad con un peso promedio de 159 ± 43 Kg, los cuales fueron distribuidos en 3 grupos de 4 bovinos. Los animales fueron mantenidos bajo un esquema de pastoreo rotacional de 3 días de ocupación con 28 días de descanso en potreros con sospecha de cargas parasitarias elevadas de garrapatas *R. microplus*. El primer grupo fue inmunizado con 50 µg de Sub + 50 µg de Bm86 por dosis formulada con adyuvante Montanide ISA 50 V2 (Seppic®); el segundo grupo únicamente fue tratado con solución salina más adyuvante y el tercer grupo fue inmunizado con el antígeno Bm86 a dosis de 100 µg. Se administraron 3 dosis en la semana 0, 4 y 7. La inmunización se llevó a cabo vía subcutánea. Cada siete días se contabilizaron y colectaron garrapatas en proceso de repleción (4-8 mm) del lado derecho de los animales durante todo el periodo experimental para evaluación de parámetros. Las garrapatas se incubaron a 27°C y 80% de humedad relativa para permitir la oviposición y eclosión a las 2 y 5 semanas respectivamente. De manera paralela, se colectaron muestras sanguíneas de los animales cada 14 días durante 24 semanas en tubos sin anticoagulante y el suero se obtuvo por centrifugación a 4000 rpm y almacenado a -20°C hasta su uso. La cinética de anticuerpos se determinó mediante la técnica de ELISA indirecto de acuerdo con la metodología descrita por Lagunes *et al.* (2016). Se calcularon los parámetros reproductivos de las garrapatas *R. microplus* obtenidas de acuerdo con la metodología descrita por Mendoza-Martínez *et al.* (2021). Los resultados fueron evaluados estadísticamente utilizando la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$), con la finalidad de comparar los resultados entre los grupos experimentales, así como para comparar los resultados de la determinación de la cinética de anticuerpos por ELISA indirecto.

Resultados y discusión

En cuanto a los parámetros reproductivos, se obtuvo una reducción del 81% en el número de garrapatas, 23% en la oviposición y 30% en la tasa de eclosión en el grupo inmunizado con Sub + Bm86 observándose diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$), con una eficacia general de la vacunación de 90%. El grupo inmunizado con Bm86 presentó una reducción del 31% en la tasa de eclosión, observándose diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$), con una eficacia general de 68% (Cuadro 1). La eficacia vacunal en la combinación de antígenos fue mayor que si se administra los antígenos por separado o solo el Bm86 (Mendoza-Martínez *et al.*, 2021). Este hallazgo posiblemente esté asociado a la dosis administrada de cada uno de los antígenos utilizados en los animales, ya que se ha observado que elevadas concentraciones de los antígenos utilizados en combinaciones aumenta la probabilidad de desarrollar un fenómeno conocido como competencia antigénica, donde no se producen respuestas inmunitarias eficaces ante los antígenos utilizados y, por tanto, una eficacia vacunal minimizada (Ndawula Jr. y Tabor, 2020).

Cuadro 1. Porcentajes de reducción (inmunizados/control) sobre los parámetros reproductivos de *R. microplus* en bovinos.

Grupo experimental	<i>Rhipicephalus microplus</i> (Cepa Martínez de la Torre)				E	
	Porcentaje de reducción (inmunizado/control)					
	NG	PG	PO	EC		
Sub + Bm86 (50µg + 50µg)	81%*	16%	23%*	30%*	90%	
Bm86 (100µg)	44%	0%	18%	31%*	68%	
Control	(267±23)	(149±3)	(61±4)	(31±2)	---	

El porcentaje de reducción fue calculado con respecto al grupo control. NG: Efecto sobre el número de hembras adultas; PG: Efecto sobre el peso de hembras repletas; PO: Efecto sobre la oviposición; EC: Efecto sobre la eclosión; E: Eficacia de la vacunación. *Señala diferencias significativas, según prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).

Los niveles de anticuerpos aumentaron en los animales inmunizados con Sub + Bm86 a partir de la segunda inmunización. Se observó el pico máximo de anticuerpos una semana después de la última inmunización para Sub, mientras que para Bm86 fue en la semana 10 experimental. Despues de alcanzar dicho pico se observó un descenso para ambos antígenos, sin embargo, éstos se mantuvieron elevados con respecto al grupo control hasta el final del experimento ($p<0.05$). Estos resultados muestran que todos los animales inmunizados respondieron a la combinación de antígenos, por lo que desarrollaron una respuesta inmune humoral sólida y específica caracterizada por altos niveles de IgG anti-Sub y anti-Bm86. En cuanto al grupo inmunizado con Bm86, se observó un aumento en los niveles de anticuerpos desde la primera inmunización, alcanzando su pico máximo desde la semana 2 experimental, donde la producción de anticuerpos se mantuvo elevada y constante hasta el final del experimento ($p < 0.05$) (Figura 1). La respuesta del antígeno Bm86 se encuentra dentro de los valores reportados y posiblemente la respuesta inmune no fue tan eficaz debido a la presencia de polimorfismos en la cepa de *R. microplus* de esta región (García-García *et al.*, 1999).

Conclusiones

La combinación Sub + Bm86 es capaz de inducir una respuesta inmune específica en el ganado bovino naturalmente infestado, confirmando su eficacia para controlar infestaciones de *R. microplus*; resultando en la reducción de poblaciones de garrapatas en generaciones posteriores. El uso de vacunas vislumbra ser un método de control efectivo contra poblaciones de garrapatas que afectan la productividad bovina, mejorando la salud animal, evitando la contaminación ambiental y de productos pecuarios para consumo humano, asimismo, reduciendo el uso indiscriminado de moléculas químicas.

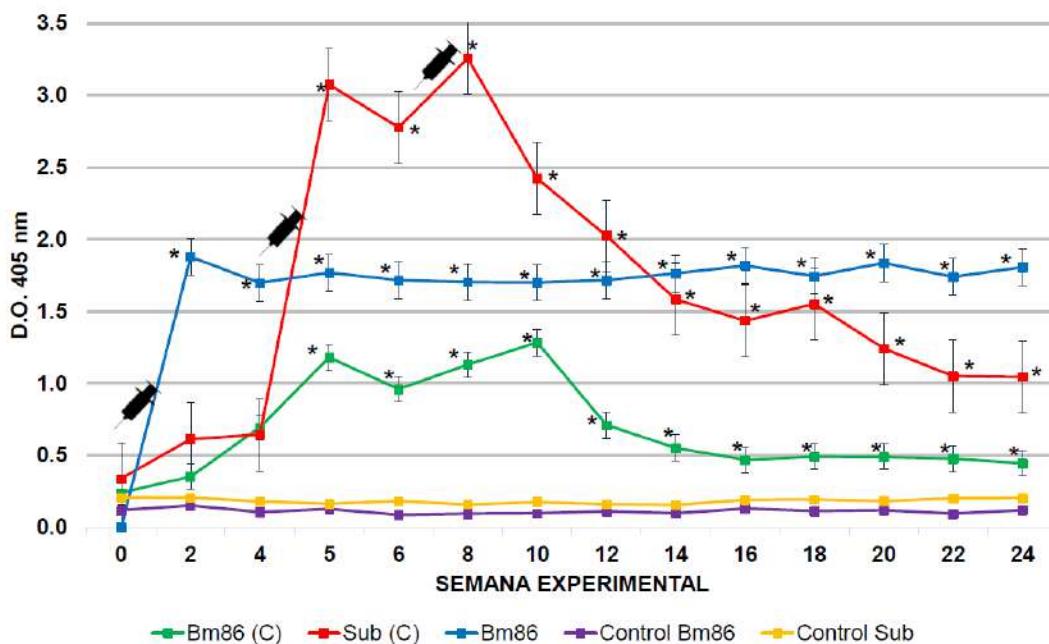


Figura 1. Cinética de la producción de anticuerpos en los bovinos inmunizados. La (C) indica la cinética de los bovinos inmunizados con la formulación Sub + Bm86 (50 µg + 50 µg) para cada antígeno. Los valores obtenidos fueron analizados y comparados con el grupo testigo mediante prueba de Kruskal-Wallis *(p<0.05).

Reconocimiento y/o fuente financiadora

Proyecto financiado por el CEIEGT, FMVZ-UNAM y parcialmente por fondos fiscales INIFAP, N° SIGI: 10533234452.

Referencias bibliográficas

1. Higa LDOS, Piña FTB, da Silva Rodrigues V, Garcia MV, Salas DR, Miller RJ, Perez de Leon A, Cavalcante Barros J, Andreotti R. 2020. Evidence of acaricide resistance in different life stages of *Amblyomma mixtum* and *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) collected from the same farm in the state of Veracruz, Mexico. Prev. Vet. Med. 174:104837.
2. García-García JC, Gonzalez IL, González DM, Valdés M, Méndez L, Lamberti J, D'Agostino B, Citroni D, Fragoso H, Ortiz M, Rodríguez M, de la Fuente, J. 1999. Sequence variations in the *Boophilus microplus* Bm86 locus and implications for immunoprotection in cattle vaccinated with this antigen. Experimental & applied acarology, 23, 883-895.
3. Ndawula Jr C, Tabor AE. 2020. Cocktail anti-tick vaccines: The unforeseen constraints and approaches toward enhanced efficacies. Vaccines 8, 457.
4. Lagunes R, Domínguez-García DI, Quiroz-Romero H, Martínez-Velázquez M, Rosario-Cruz R. 2016. Potential effects on *Rhipicephalus microplus* tick larvae fed on calves immunized with a Subolesin peptide predicted by epitope analysis. Tropical Biomedicine, 33, 726-738.
5. Mendoza-Martínez N, Alonso-Díaz MA, Merino O, Fernández-Salas A, Lagunes-Quintanilla R. 2021. Protective efficacy of the peptide Subolesin antigen against the cattle tick *Rhipicephalus microplus* under natural infestation. Veterinary Parasitology, 299, 109577.

RESPUESTA SEROLÓGICA A LA VACUNACIÓN CONTRA IBR DURANTE 180 DÍAS EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO SUBTROPICAL.

Guadalupe Socci Escatell^{1*}, Abraham Fragoso Islas², Jorge Víctor Rosete Fernández², Sara Olazarán Jenkins³ y Ángel Ríos Utrera⁴

¹CENID-SAI, INIFAP; ²Sitio Experimental “Las Margaritas”, INIFAP; ³Práctica privada, ⁴Universidad Veracruzana

*Autor para correspondencia: socci.guadalupe@inifap.gob.mx

Palabras clave: IBR, vacunación, inmunidad.

Introducción

La rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), es una enfermedad contagiosa que afecta a bovinos domésticos y rumiantes silvestres, y es causada por el Herpesvirus bovino tipo 1 (BHV-1). Este virus produce cuadros respiratorios, reproductivos y neurológicos, por lo que ocasiona importantes pérdidas económicas a los productores (1). El virus de IBR puede permanecer de manera subclínica en los hatos y establecer latencia en los ganglios o tonsillas. El estrés por el parto y el transporte o manejo, inducen la reactivación de la infección, y los animales eliminan el virus al ambiente al actuar como portadores sanos, lo que representa el principal factor de riesgo de la enfermedad (2).

En México, se ha demostrado que la prevalencia de la IBR en varias regiones del país se encuentra por arriba del 50 %. Para el control de la enfermedad existen diferentes vacunas comerciales, éstas pueden contener virus vivo modificado o virus muerto. En un estudio previo, se analizó la respuesta de anticuerpos a la vacunación y revacunación con una vacuna comercial de virus vivo modificado (3), sin embargo, no se determinó la duración de los anticuerpos a través del tiempo.

Objetivo

Evaluar la respuesta serológica a la vacunación contra IBR durante 180 días en vacas lecheras en pastoreo.

Materiales y métodos.

Localización del estudio. Se realizó en el Campo Experimental Las Margaritas del Centro de Investigación Regional Golfo Centro del Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Animales. Se incluyeron 86 vacas de los genotipos Holstein y Suizo Americano del Módulo demostrativo de lechería tropical especializada del Campo Experimental Las Margaritas.

Grupos experimentales. Se formaron dos grupos, uno de vacas inmunizadas con 42 animales y otro de vacas no inmunizadas con 44 animales. La inmunización se realizó con una vacuna comercial polivalente que contenía virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina, parainfluenza 3, síndrome respiratorio sincitial bovino y diarrea viral bovina. La vacuna se aplicó por vía subcutánea y se aplicó un refuerzo a los 30 días.

Muestreos. A todas las vacas se les tomaron muestras de sangre, antes de la primera dosis de vacuna (día 0) y a los 30, 60, 90, 120 y 180 días.

Análisis de laboratorio. Las muestras de suero se analizaron con el ensayo inmunoenzimático (ELISA), CIVTEST BOVIS IBR (Laboratorios Hipra S. A., México).

Ánalisis estadístico. Se analizaron 6 variables de respuesta que fueron las prevalencias de anticuerpos séricos a) antes de la vacunación (día 0), b) a los 30 días, c) a los 60 días, d) a los 90 días, e) a los 120 días y e) a los 180 días. La prevalencia de anticuerpos se consideró como variable binomial, las muestras positivas se codificaron con el numero uno (1) y las negativas con el cero (0). La información se analizó con un modelo de regresión logística que incluyó el efecto de la vacunación (grupo vacunado y grupo no vacunado) en una distribución binomial y se aplicó una función liga logit, con el procedimiento GENMOD del paquete estadístico SAS. El criterio de convergencia fue 10^{-8} .

Resultados y discusión

Se observó significancia estadística ($P<0.05$) del efecto del tratamiento en los días 30, 60 y 90. En el Cuadro 1 se muestran las seroprevalencias (%) de anticuerpos contra la IBR con sus errores estándar e intervalos de confianza al 95%. En los días 30, 60 y 90 los animales vacunados mostraron mayor prevalencia de anticuerpos ($P<0.05$) que los no vacunados (los valores se resaltan en negritas). En el día 30 se observa

que la respuesta de anticuerpos ascendió, y este efecto permaneció hasta el día 90, lo que indica que la vacuna comercial indujo una respuesta de anticuerpos por arriba del 50 % en el día 30 y tras el refuerzo mejoró hasta alcanzar casi el 100 %.

Cuadro 1. Seroprevalencias (%) de anticuerpos contra la rinotraqueitis infecciosa bovina con sus errores estándar (media ± ee) e intervalos de confianza (IC) al 95%, durante los días de muestreo por tratamiento (no vacunado y vacunado).

Día de muestreo	Seroprevalencia de anticuerpos (%)			
	No vacunado		Vacunado	
	Media ± ee*	IC 95%	Media ± ee	IC 95%
0 (1 ^a dosis)	14.00 ± 4.90 ^a	06.82 - 26.57	18.00 ± 05.43 ^a	09.64 - 31.11
30 (2 ^a dosis)	21.95 ± 6.46^a	11.84 - 37.07	57.45 ± 07.21^b	43.06 - 70.65
60	23.26 ± 6.44^a	12.99 - 38.07	97.83 ± 02.15^b	86.12 - 99.69
90	33.33 ± 7.27^a	20.84 – 48.71	95.65 ± 03.00^b	84.21 – 98.91
120	09.30 ± 04.43 ^a	03.53 – 22.30	13.64 ± 05.17 ^a	06.25 – 27.19
180	04.65 ± 30.21 ^a	01.16 – 16.78	09.09 ± 04.33 ^a	03.45 – 21.84

*Medias con diferente literal por fila, son diferentes ($P<0.05$)

Con la finalidad de mostrar la tendencia de la respuesta inmune a la vacunación, en la figura 1 se observan las prevalencias de anticuerpos por efecto de la vacunación; para el día 120 del estudio se aprecia una caída importante en el porcentaje de animales con anticuerpos, lo que implicaría vacunar al ganado antes del tiempo que recomienda el laboratorio fabricante, con el objetivo de mantener una buena inmunidad de hato y evitar que el virus circule entre los animales.

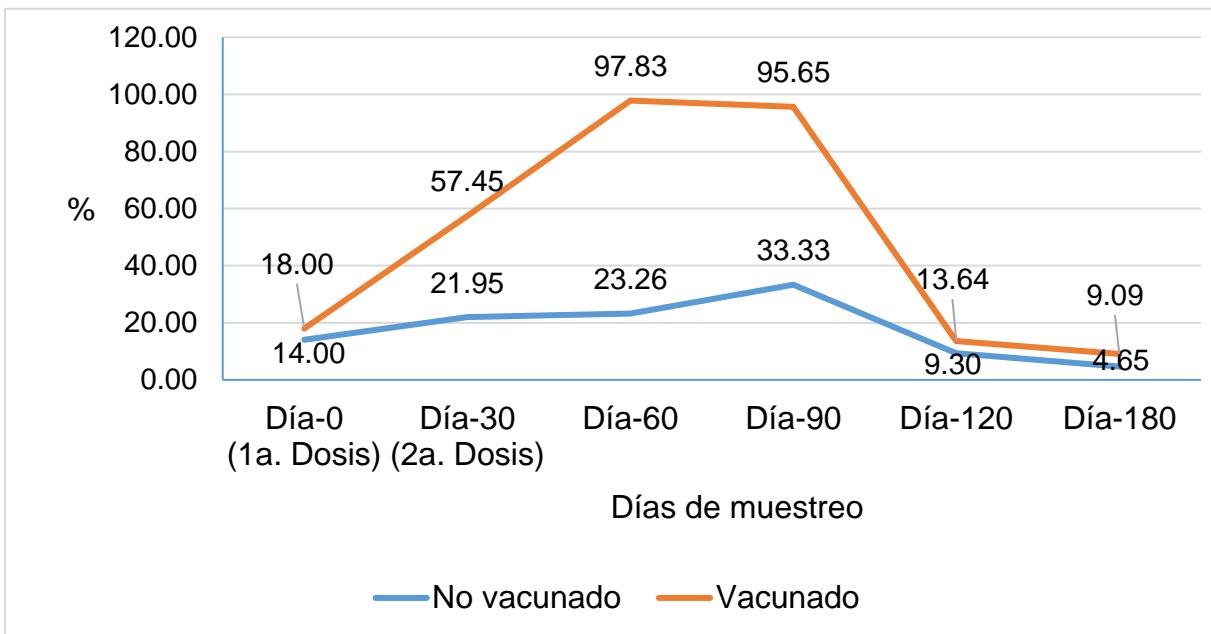


Figura 1. Respuesta de anticuerpos a la vacunación contra rinotraqueitis infecciosa bovina en vacas lecheras en pastoreo.

Conclusiones

El virus de IBR circulaba en el hato al inicio del estudio. La vacunación y revacunación mejoró de manera significativa el porcentaje de animales con anticuerpos. Es importante monitorear al hato para mantener una buena inmunidad y evitar las manifestaciones clínicas de la enfermedad.

Agradecimientos

Los autores agradecen al INIFAP por el apoyo recibido para la realización de este estudio

Fuente financiadora

Este trabajo fue apoyado con recursos fiscales del INIFAP

Referencias bibliográficas

1. Iscaro C, Cambiotti V, Petrini S, Feliziani F. Control programs for infectious bovine rhinotracheitis (IBR) in European countries: an overview. Anim Health Res Rev. 2021 Dec;22(2):136-146.
2. OIE. Office International des Epizooties. Rinotraqueitis bovina infecciosa/vulvovaginitis pustular infecciosa (2.3.5.). Manual de la OIE sobre animales terrestres. 2004:514-525.
3. Rosete FJV, Soccì EG, Fragoso IA, Olazarán JS, Ríos UA. Producción de anticuerpos séricos en respuesta a la vacunación contra los virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina y la diarrea viral bovina con una vacuna comercial. Rev Mex Cienc Pecu 2023;14(2):260-276.

EVALUACIÓN DE UNA VACUNA CONTRA BABESIOSIS BOVINA ELABORADA CON MEDIO DE CULTIVO LIBRE DE SUERO.

Carmen Rojas Martínez¹, Roberto Castañeda Arriola²; José Juan Lira Amaya¹; Francisco Barradas Piña³; Julio Figueroa Millán¹ y J Antonio Álvarez Martínez^{1*}

¹CENID-SAI INIFAP; ²CIRGOC INIFAP; ³ITSJC.

*Autor para correspondencia: alvarez.jesus@inifap.gob.mx

Palabras clave: Vacuna babesiosis, *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*

Introducción

De las enfermedades transmitidas por artrópodos al ganado bovino, la babesiosis o piroplasmosis es considerada la más importante en las regiones tropicales. En México, las especies que existen son *Babesia bovis* y *B. bigemina* ambas transmitidas por la garrapata *Rhipicephalus microplus*. Para el control de la enfermedad existen diferentes estrategias, las más comunes son el uso de ixodicidas y la quimioterapia. Pero la idónea es la inmunización para prevenir brotes clínicos. En México, no hay disponibilidad de ninguna vacuna de tipo comercial, pero se puede referir que en el CENID-SAI del INIFAP nuestro grupo de investigación ha desarrollado la tecnología para un prototipo de vacuna viva atenuada derivada del cultivo *in vitro* de *B. bovis* y de *B. bigemina*. Previamente se han reportado estudios controlados y de campo sobre la confrontación de la vacuna con bovinos susceptibles. Sin embargo, el proceso de producción de la vacuna, inevitablemente requería agregar alta proporción de 40% de suero de bovino en el medio de cultivo. Sin la adición de suero, no es posible el mantenimiento, ni la proliferación de *Babesia* spp. El suero es indispensable por su composición con proteínas, lípidos, carbohidratos, hormonas, electrolitos, enzimas y otros factores indefinidos. Pero al mismo tiempo implica una amplia variabilidad entre lotes, debido a la edad, sexo, estatus nutricional, inmunológico de los donadores de los que se obtiene. Además, su uso implica alto riesgo de contaminación en el proceso de cultivo *in vitro* y la posible transmisión de agentes infecciosos durante la vacunación. Previamente en nuestro laboratorio logramos generar líneas de *B. bovis* y *B. bigemina* capaces de proliferar en un medio libre de suero, pero se requería reconocer si los parásitos generados en estas condiciones, eran capaces de mantener su inmunogenicidad.

Objetivo

El objetivo del estudio fue evaluar la protección conferida a bovinos por el uso de una vacuna contra la babesiosis derivada del cultivo *in vitro* sin la adición de suero de bovino en el medio de cultivo.

Materiales y métodos

Localización. El trabajo de campo se realizó en dos explotaciones, una en el Municipio de Jalacingo, Ver. a 2000 msnm en donde no existe la garrapata *R. microplus*. La otra fue el Centro Experimental Pecuario La Posta en Paso del Toro, Ver. INIFAP localizado en Medellín de Bravo, Ver. a 12 msnm en donde la garrapata *R. microplus* y las especies *B. bovis* y *B. bigemina* son hiperendémicas. En la primera se efectuó la vacunación y se mantuvieron por 23 días libres de garrapatas. Posteriormente para la confrontación fueron movilizados a CE La Posta en donde se mantuvieron durante 21 días, ahí estuvieron expuestos a las garrapatas presentes en el pasto y en el ganado propio del rancho.

Animales experimentales. Se utilizaron 18 bovinos Holstein friesian de un año de edad, procedentes de una zona libre de garrapatas; se corroboraron libres de *Babesia* spp, *Anaplasma marginale*, *Brucella abortus*, *Mycobacterium bovis*, leucosis, IBR y BDV. El manejo de los animales se realizó conforme a la NOM-062-ZOO-1999 “Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. (<http://www.senasica.gob.mx/?doc=743>).

Muestreo. De cada bovino se obtuvo una muestra de sangre mediante venopunción yugular, la sangre se centrifugó a 1000 g durante 15 min. El plasma se separó, la capa flogística se retiró y el paquete de eritrocitos también se separó. El plasma y los eritrocitos se mantuvieron en a -20 °C hasta su uso.

Antígeno para diagnóstico serológico. Para la elaboración del antígeno se utilizaron frotis preparados con eritrocitos infectados con *B. bovis* o con *B. bigemina* cultivados *in vitro*. Los frotis se elaboraron cuando el porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) fue del 5%. Las laminillas fueron almacenadas a -20 °C hasta su uso. El antígeno se utilizó para la prueba de inmunofluorescencia indirecta (IFI).

Prevalencia de *Babesia*. En el rancho en que se realizó la confrontación, se determinó la seroprevalencia de *B. bovis* y de *B. bigemina* del hato local completo. Se usó la prueba de inmunofluorescencia indirecta con antígeno específico de cada especie, y para confirmar la presencia de *Babesia* spp. se efectuó la PCR anidada (nPCR).

Vacuna. La vacuna se elaboró con cepas derivadas del cultivo *in vitro* (*B. bovis*, *B. bigemina*); una fue preparada con medio M-199 suplementado con suero de bovino (40%). La vacuna a evaluar fue preparada con las cepas adaptadas con el medio DMEM/F12 sin suero de bovino, suplementado con insulina, transferrina, selenito y putrescina. Ambas vacunas fueron mantenidas en nitrógeno líquido (-196°C).

Diseño experimental. Los 18 bovinos se distribuyeron en tres grupos de seis animales cada uno: Grupo I (G1) inoculado con vacuna doble (*B. bovis-B. bigemina*) derivada del cultivo *in vitro*, elaborada sin suplementar el medio con suero de bovino. La dosis de inoculo fue 1×10^8 eritrocitos infectados de cada especie. Grupo II (GII) inoculado con la vacuna preparada con medio de cultivo suplementado con 40% de suero de bovino; la dosis fue 1×10^8 eritrocitos infectados de cada especie. Grupo III (GIII) fue el testigo, los animales se inocularon con 2×10^8 eritrocitos no infectados. Los inóculos fueron por vía IM y no recibieron ningún tratamiento contra las garrapatas durante la confrontación.

Monitoreo clínico. Durante la vacunación y la confrontación cada animal fue monitoreado. Los parámetros registrados fueron: temperatura rectal (TR) hematocrito (HT); además en frotis teñidos con Giemsa se determinó la presencia de *Babesia* mediante microscopía óptica. Se contaron al menos 1000 eritrocitos para determinar la presencia de los parásitos. Del plasma se determinó la presencia de anticuerpos contra *B. bovis* y *B. bigemina*.

Análisis estadístico. Se determinó independencia entre vacunación y protección de la enfermedad clínica de los animales, mediante la prueba exacta de Fisher ($P < 0.05$) con respecto variables de dos y tres categorías.

Resultados y discusión

En este estudio demostramos que una cepa de *B. bovis* y una de *B. bigemina* cultivadas en un medio libre de suero, suplementado con insulina, transferrina, selenito y putrescina son capaces de inducir una excelente respuesta protectora contra babesiosis en el campo.

En el hato del rancho en que se evaluó la vacuna la seroprevalencia fue 96% para *Babesia* spp mediante IFI. La presencia de los parásitos se corroboró por nPCR y fueron 88% y 72% para *B. bovis* y *B. bigemina*, respectivamente.

Durante la vacunación ninguno de los animales experimentales mostró fiebre, ni alteraciones del hematocrito. Pero a la confrontación en todos los animales del grupo control se registró fiebre, con TR promedio de 41.4°C a partir del día diez. En el G1 y GII, al día doce, dos y tres bovinos tuvieron fiebre, respectivamente. La fiebre fue indicativo de la presencia *Babesia*, lo que se corroboró por nPCR. En estudios similares con vacunas atenuadas contra la babesiosis se ha reportado fiebre en animales a ocho días postvacunación.

Al desafío en los tres grupos al día 16 se mostró un decremento del 20% del hematocrito, que continuó disminuyendo, aunque en el GIII fue notorio a los días 17-19. La disminución del hematocrito se puede explicar por la presencia de la garrapata *R. microplus* como vector de *Babesia* y la ausencia de tratamiento contra las garrapatas. En otros estudios el Ht ha mostrado reducciones mayores al 25%.

Durante la vacunación no se observaron parásitos por microscopia; en contraste a la confrontación en el CE La Posta en el GIII se detectó y se cuantificó 0.28% como porcentaje de eritrocitos parasitados. En los grupos G1 y GII los valores fueron 0.07% y 0.08%, respectivamente. Parásitos circulantes han sido observados a partir de 7 días en animales no vacunados ingresados a explotaciones en donde las garrapatas. En otros estudios se han observado parásitos circulantes a partir de 7 días de confrontación en animales no vacunados.

En la confrontación, la seroconversión se detectó al día 14 postvacunacion para ambas especies en los bovinos no vacunados, y los vacunados se mantuvieron positivos hasta el término del estudio. Al analizar conjuntamente los parámetros clínicos y la condición de los bovinos experimentales; se hizo indispensable el tratamiento de los seis bovinos del GIII grupo control, y uno del GII de la vacuna suplementada con suero de bovino. El tratamiento se hizo con base en un criterio establecido en proyectos anteriores, en donde se describe que cuando en un bovino de manera simultáneamente registra: fiebre tres días consecutivos; reducción del Ht mayor al 25% y la presencia de *Babesia* spp. en circulación periférica. Entonces se administra un babesicida (diaceturato de diminazeno 3,5 mg/kg), vía IM por dos días. Con base en ese criterio, la protección fue del 100%, 80% y 0% para G1, GII y GIII, respectivamente (Cuadro 1). El análisis

no paramétrico mostró que la forma aguda de babesiosis o su ausencia fue dependiente del tipo de vacuna utilizado ($P < 0.05$).

Variables	Grupos*		
	I	II	III
Periodo incubación (Días)	12	12	10
PEP (%)	0.07	0.08	0.28
Fiebre (No. animales)	2	3	6
Tratamiento (No. animales)	0	1	6
Mortalidad (%)	0	17	100
Protección (%)	100	83	0

Cuadro 1. Parámetros registrados en bovinos vacunados contra babesiosis y posteriormente introducidos a condiciones de alta infestación de garrapatas *R. microplus*, en un hato con seroprevalencia de 96% de *Babesia* spp. en el CE La Posta en Paso del Toro. Ver. *Grupos: G1 Vacuna (*B. bovis* y *B. bigemina*) elaborada sin suero de bovino; GII Vacuna (*B. bovis* y *B. bigemina*) elaborada con medio de cultivo suplementado con 40% de suero de bovino; GIII bovinos no vacunados, inoculados con eritrocitos no infectados. La dosis vacunal fue 1×10^8 eritrocitos infectados de cada especie de *Babesia*.

Conclusiones

La vacuna bivalente con *B. bovis* y *B. bigemina* derivada del cultivo *in vitro* de con un medio sin suero de bovino; suplementado con insulina, transferrina, selenito y putrescina induce un excelente nivel de protección contra la babesiosis en bovinos ante una confrontación de campo.

Agradecimientos y fuente financiadora

El estudio fue financiado por el INIFAP con los proyectos: SIGI No. 10231419344, 14392333021

Referencias bibliográficas

1. Álvarez, J.A. Ramos, E. Rojas, J.J. Mosqueda, C.A. Vega, A. Olvera, J.V. Figueroa, J.G. Cantó, Field challenge of cattle vaccinated with a combined Babesia bovis and Babesia bigemina frozen immunogen, Ann. N. Y. Acad. Sci. 1026 (2004) 277–283.
2. Álvarez, M.J.A. 2018 a. Babesia bigemina: Advances in continuous in vitro culture using serum free. Parasitol Int. 67: 294-301.
3. Cantó, A., Álvarez, M., Rojas, R., Ramos, A., Mosqueda, G., Vega, Figueroa, M., 2003a). Protección contra babesiosis bovina con una vacuna mixta de *B. bovis* y *B. bigemina* derivada de cultivo *in vitro* bajo una confrontación de campo. Inmunización en un área libre de la enfermedad. Vet. Méx. 34: 323-332.
4. Cantó, A., Rojas, R., Álvarez, M., Ramos, A., Mosqueda, G., Vega, M., Figueroa, M., 2003b. Protección contra babesiosis con una vacuna mixta de *Babesia bovis* y *B. bigemina* derivada de cultivo *in vitro* bajo una confrontación de campo. II. Inmunización en un área endémica. Téc. Pecu. Méx.: 41: 307-315.
5. Rojas M.C, Rodriguez VR, Figueroa MJV, Acosta KY, Gutiérrez REJ, Álvarez MJA. 2017. Putrescine: Essential factor for *in vitro* proliferation of *Babesia bovis*. Exp Parasitol. 175:79-84.

EFECTO DE LA PUTRESCINA EN LA PROLIFERACIÓN *in vitro* DE *Babesia bigemina*.

José Juan Lira-Amaya¹, Carmen Rojas-Martínez¹, Jesús Antonio Álvarez-Martínez^{1*}, Julio Vicente Figueroa-Millán¹, Roberto Omar Castañeda-Arriola², Francisco Tobías Barradas-Piña³.

¹CENID SAI, INIFAP, ²CIRGOC INIFAP Sitio Experimental Pichucalco, ³ITSJC.

*Autor para correspondencia: alvarez.jesus@inifap.gob.mx

Palabras clave: Putrescina, cultivo in vitro, *Babesia bigemina*.

Introducción

La babesiosis bovina en México es causada por *Babesia bovis* y *B. bigemina* que son protozoarios intraeritrocíticos obligados. Esta enfermedad se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, y es una de las enfermedades que ocasiona mayores pérdidas económicas en la ganadería bovina (Bock et al., 2004). En brotes clínicos los bovinos presentan fiebre $\geq 41^{\circ}\text{C}$, mucosas pálidas, pérdida de peso, cesación de producción de leche y, en casos agudos la muerte. La proliferación *in vitro* de *B. bigemina* y *B. bovis* ha permitido obtener cepas atenuadas, que se han utilizado para la producción de vacuna, y ha facilitado el desarrollo de estudios sobre diagnóstico, inmunidad y quimioterapia de la enfermedad. Durante más de 30 años para la proliferación *in vitro* de *B. bigemina* se utilizó el medio de cultivo M-199 suplementado con 40% de suero de bovino. Sin embargo, el uso del suero conlleva limitantes para obtener una óptima proliferación de *Babesia*, tales como composición no definida del suero y la variabilidad entre de cada lote. Adicionalmente, al incluir el suero existe alto riesgo de contaminación por agentes adventicios como virus y bacterias. No obstante, se ha descrito que las poliaminas como la putrescina, espermina y espermidina son componentes que favorecen la proliferación de parásitos apicomplejos y algunos protozoarios como *Trypanosoma cruzi*, *Trypanosoma brucei*, *Leishmania* spp. y *Plasmodium* spp. Nuestro grupo de investigación previamente ha descrito la proliferación de *B. bovis* usando el medio A-DMEM/F12 sin suero bovino, suplementado con putrescina (Rojas et al., 2017). Pero con *B. bigemina* no existe ningún reporte anterior sobre el uso de poliaminas para su proliferación *in vitro*.

Objetivo

Evaluuar el efecto de la putrescina sobre la proliferación *in vitro* de *Babesia bigemina*.

Materiales y métodos

Lugar de la investigación. Laboratorio de la Unidad de Babesiosis del CENID-SAI del INIFAP ubicado en Jiutepec, Morelos.

Declaración ética. Se utilizó un bovino de la raza Holstein Friesian de cinco años de edad como donador de eritrocitos, los cuales fueron empleados para la proliferación *in vitro* de *B. bigemina*. El bovino fue certificado libre de brucelosis, tuberculosis, *Babesia* spp., *Anaplasma marginale*, leucosis, IBR y BDV. El manejo del bovino sobre el bienestar animal se hizo de acuerdo a la NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (<https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-062-zoo-1999>).

Eritrocitos de bovino. Del bovino donador se recolectó sangre de la vena yugular en un matraz estéril que contenía perlas de vidrio y se agitó manualmente. La sangre desfibrinada se centrifugó a 450 x g 30 min. a 4°C , se eliminó el suero y se descartó la capa leucocitaria. El sedimento de eritrocitos se resuspendió en proporción 1:2 con solución de VYM + mezcla de antioxidantes (v/v) y se centrifugó a 450 x g 30 min. a 4°C , este paso se repitió 4 veces. Finalmente, los eritrocitos se resuspendieron en solución de VYM y se almacenaron a 4°C .

Proliferación *in vitro* de *B. bigemina* con putrescina. Se proliferó *in vitro* la clona B.big-SF de *B. bigemina* (Rojas et al., 2018) con medio de cultivo A-DMEM-F12 libre de suero bovino y se utilizaron diferentes tratamientos de putrescina. Se evaluó el medio A-DMEM-F12 libre de suero bovino, en ocho tratamientos por triplicado mediante la adición de diferentes concentraciones de putrescina: 0.0063, 0.0126, 0.0253, 0.0506, 0.1012, 0.2025, 0.405 y 0.810 mg/L. El tratamiento control fue la cepa BIS con el medio de cultivo M-199 suplementado con 40% de suero de bovino (v/v). La proliferación se realizó en placas de 24 pozos (CORNING®) en una incubadora a 37°C con una mezcla de gases de 90% N₂, 5% CO₂ y 5% O₂ a presión constante. La metodología de la fase estacionaria microaerofílica comprendió el cambio de medio de cultivo cada 24 hrs, lo cual fue realizado de acuerdo a lo descrito por Figueroa et al. (1984).

Análisis estadístico. Se utilizó la prueba t de Student para evaluar el efecto del medio A-DMEM/F12 suplementado con putrescina vs el medio M-199 ($P < 0.05$).

Resultados y discusión

La concentración de putrescina de 0.1012 mg/L fue la que benefició la mayor proliferación de *B. big-SF*, alcanzando un PEP de 7.61% el día 10. La diferencia se observó en siete subcultivos consecutivos durante un período de 10 días (Figura 1). Los parásitos no mostraron cambios morfológicos aparentes bajo observación microscópica (no se muestra). El valor de PEP de 7.61% fue superior al reportado para *B. bovis* que fue 6.23% bajo las mismas condiciones *in vitro* y a la misma concentración de putrescina de 0.1012 mg/L. En parásitos de *Babesia* proliferados en un medio que contenía concentraciones de putrescina superiores a 0.2025 mg/L se observaron alteraciones morfológicas, como formas anaplasmodoides (Rojas et al., 2017).

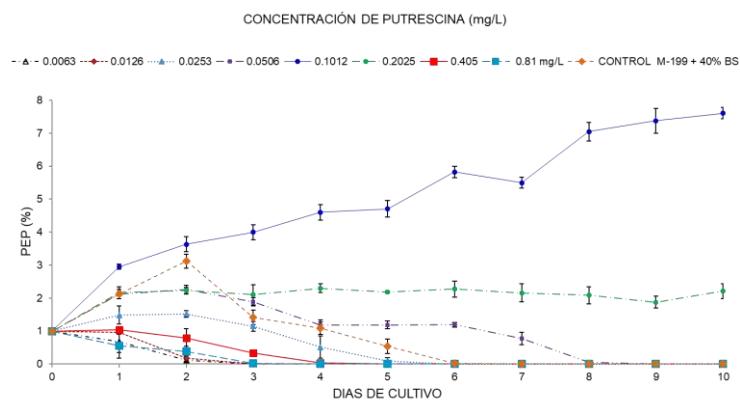


Figura 1. Evaluación de ocho tratamientos de putrescina adicionada al medio de cultivo A-DMEM-F12 libre de suero para la proliferación *in vitro* de *B. bigemina*. Los valores representan la desviación estándar media del procedimiento por triplicado.

El tratamiento control en el que se usó la cepa BIS adaptada al medio M-199 suplementado con 40% de suero bovino, alcanzó un PEP máximo de 3.12% al día 2 después del inicio de la proliferación. En este tratamiento después del día 6 ya no se observaron parásitos al análisis microscópico. En los tratamientos con concentraciones inferiores a 0.0506 mg/L el PEP máximo fue de 0.33% al día 1, y al día cinco ya no se observaron parásitos. Considerando el cultivo con el medio M-199 con 40% de suero hubo diferencia significativa al contrastarlo con el medio A-DMEM-F12 (PEP 0.75 vs 5.28) ($P < 0.05$). Las poliaminas como la putrescina se ha explicado que son componentes fundamentales en el proceso de proliferación y viabilidad de algunos protozoarios. Se ha demostrado que la proliferación de *Plasmodium falciparum* está influenciada por la concentración de poliaminas (Müller et al., 2008). Anteriormente, Rzepczyk et al. (1984) informaron la ventaja de usar altas concentraciones de otras poliaminas como la espermina y la poliaminoxidasa en el cultivo *in vitro* de *P. falciparum*. También se ha indicado que la enzima poliaminoxidasa estimula su proliferación *in vitro* durante la etapa intraeritrocítica. No obstante, este es el primer estudio que evalúa el efecto de la putrescina sobre la proliferación *in vitro* de *B. bigemina*.

Conclusiones

El medio de cultivo A-DMEM/F12 sin suero de bovino, adicionado con putrescina permite la proliferación *in vitro* de *B. bigemina*. Mejora la eficiencia de la proliferación y facilita la obtención de material biológico para la elaboración de antígeno e inmunógeno para la prevención y control de la babesiosis bovina.

Agradecimientos y fuente financiadora

El trabajo fue financiado con recursos fiscales INIFAP registrado SIGI No. 10231419344.

Referencias bibliográficas

1. Bock, R., L. Jackson, A. De Vos, A. and W. Jorgensen. 2004. Babesiosis of cattle. Parasitol. 129: 247-269.
2. Müller, I. B., R. D. Gupta, K. Lüersen, C. Wrenger and R. D. Walter. 2008. Assessing the polyamine metabolism of *Plasmodium falciparum* as chemotherapeutic target. Mol Biochem Parasitol. 160(1): 1-7.
3. Rojas C., R. I. Rodríguez-Vivas, J. V. Figueroa, M., K. Y. Acosta, E. J. Gutiérrez, C. R. Bautista G. et al. 2018. *Babesia bigemina*: Advances in continuous *in vitro* culture using serum-free medium supplemented with insulin, transferrin, selenite, and putrescine. Parasitol Int. 67: 294-301
4. Rojas, C., R. I. Rodríguez-Vivas, J.V. Figueroa M., K. Y. Acosta, E. J. Gutiérrez R., J. A. Álvarez M. et al. 2017. Putrescine: Essential factor for *in vitro* proliferation of *Babesia bovis*, Exp Parasitol. 175: 79-84.
5. Rzepczyk, C. M., A. J. Saul and A. Ferrante. 1984. Polyamine oxidase-mediated intraerythrocytic killing of *Plasmodium falciparum*: evidence against the role of reactive oxygen metabolites. Infect Immun. 43: 238-244.

COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE *Varroa destructor* EN ETAPA FORÉTICA SOBRE COLMENAS COMERCIALES DE *Apis mellifera* L., SIN TRATAMIENTO DE CONTROL.

Blanca Patricia Castellanos-Potenciano¹, Verónica de la Cruz Rodríguez², Teodoro López Ramón², Emeterio Payró de la Cruz^{2*}

¹Campo Experimental Huimanguillo INIFAP, ²TecNM campus Zona Olmeca

*Autor para correspondencia: emeterio.pd@zolmeca.tecnm.mx

Palabras clave: Plagas, abejas, resistencia.

Introducción

Por ser una amenaza en la salud de las abejas *Apis mellifera* L, las investigaciones en el acaro ectoparásito *Varroa destructor* y su interacción con la abeja han sido continuas desde su registro. El control químico, es el método más empleado, sin embargo, éste puede llegar a producir cepas o variedades resistentes del mismo acaro. Sin embargo, se ha observado que, en colmenas silvestres, los índices de infestación de este parásito, son menores en comparación con las colmenas comerciales. Cuando una especie es parasitada se presenta un proceso de selección por la que el hospedador, pudiera desarrollar mecanismos de defensa contra ese parásito, así, según Cobey (2000) el tratamiento químico puede reducir o retardar la habilidad de las abejas para desarrollar sus propios mecanismos defensivos, por lo que, las abejas necesitan exponerse a la asociación plaga-huésped para desarrollar habilidades, que les permitan vivir con este parásito bajo un umbral económico no dañino. De esta forma, en un apíario pueden presentarse colmenas tolerantes y resistentes, que pueden ser seleccionadas para la producción; sin embargo, la presencia de estas en caso de que puedan ser identificadas, suelen ser menor del 10% en el apíario. Según Smoliński, et al., (2021), la región geográfica donde se ubica el apíario, puede favorecer el crecimiento poblacional de *V. destructor* las temperaturas elevadas de primavera (marzo-mayo) y las precipitaciones de otoño (octubre) refuerzan la infestación del acaro, en los meses posteriores en colmenas con manejo comercial. El estado de Tabasco, se ubica en una región donde se presentan precipitaciones la mayor parte del año, además de temperaturas que caracterizan el clima cálido húmedo del estado.

Objetivo

Conocer el índice de infestación de *V. destructor* en etapa forética en colmenas comerciales sin ningún método de control, durante y posterior a la temporada de lluvias.

Materiales y métodos.

El apíario está ubicado dentro de las instalaciones del TecNM, campus Zona Olmeca, en la Villa Ocuiltzapotlán, municipio de Centro, Tabasco. El clima del área es caluroso y húmedo, con una temperatura media anual de 26 °C. Durante la primavera se presentan condiciones secas y en verano se registra una precipitación promedio de 2,750 mm. Se examinó y diagnosticó, la presencia de *V. destructor* en colmenas de uso comercial de *A. mellifera*. Para ello se tomó uno de los cuatro cuadros centrales y un cuadro de cada extremo de la cámara de cría, en colmenas tipo Langstroth. Se realizaron colectas cada 45 días de abejas adultas en 12 colmenas, durante agosto-diciembre del año 2023, así las colmenas fueron identificadas por la literal C y el número consecutivo correspondiente (C-1 a C-12). Se empleó la técnica de tamizaje del método conocido como "De Jong" y se calculó el índice de infestación de Varroas, mediante la siguiente fórmula [número de ácaros / número de abejas adultas] x 100. Según el valor del índice, las colmenas se clasificaron de la forma siguiente: 0 (No se observó), de 1-5 (Nivel Leve), de 6-10 (Nivel Moderado), y >10 (Nivel Fuerte). Los datos fueron analizados en el programa Microsoft® Excel 2016®.

Resultados y discusión.

Se realizaron las colectas de abejas adultas cada 45 días, lo que dio un total de cinco colectas para cada colmena, los resultados del índice de infestación de *V. destructor* se graficaron para visualizar el comportamiento de la población de la plaga en cada colmena (Figura 1). De los 60 muestreos realizados, se obtuvo que un 45% presentó niveles de infestación Leve (Figura 2), sin embargo, al considerar el último muestreo del mes de diciembre, se observó que el 50% de las colmenas se encontraban en un nivel de infestación Fuerte (Figura 1).

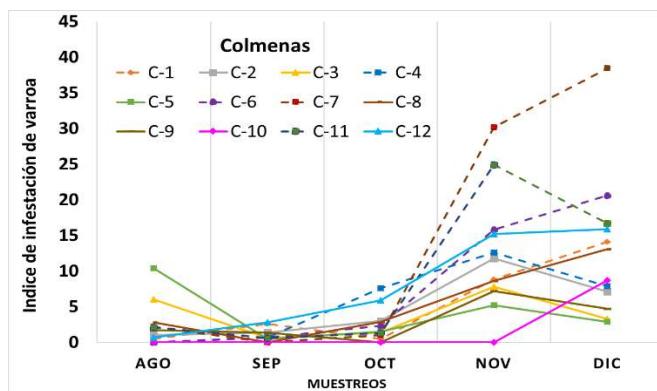


Figura 1. Comportamiento de índices de infestación de varroa (%) para cada colmena durante el periodo de muestreo.

Al final del muestreo, el 100% de las colmenas estaban infestadas con varroa, a pesar que en un principio hubieron colmenas en las que no se observó la presencia del acaro. Lo anterior, coincide con los reportes de Ramos-Cuellar, *et al.*, (2024) quienes mencionan que esta diseminación de *Varroa* es un comportamiento esperable, debido a que las abejas (obreras y zánganos) pueden equivocarse de colonia y entrar en otra, transportando ácaros consigo; también, consideran que el pillaje (robo) de alimento entre colonias favorece la dispersión de la plaga, así como la corta distancia entre colmenas de un mismo apiario.

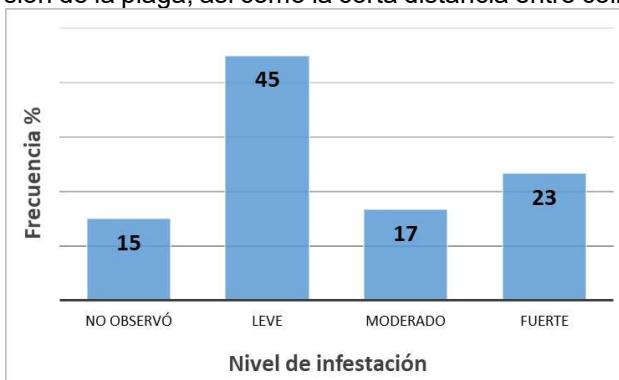


Figura 2. Frecuencia por nivel de infestación de varroas para el total de muestreos

Durante el periodo de muestreo se consideraron las variables ambientales de temperatura promedio mensual (Tmed), temperatura mínima mensual, temperatura máxima mensual en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) y la precipitación acumulada mensual (PAM) en milímetros (mm). Estos datos fueron tomados de los registros en la base de datos de estaciones meteorológicas de la CONAGUA y el Sistema Meteorológico Nacional (SMN), para el estado de Tabasco, de la estación llamada “Villahermosa muelle”, en la capital del estado. Se graficaron los valores de Tmed y PAM contra los valores del índice de infestación de varroa, en donde se observó que la población del acaro se incrementó después del periodo de mayor precipitación y conforme descendió la temperatura promedio (Figura 3). Estos resultados coinciden con los antecedentes citados por Smoliński, *et al.*, (2021), quienes citan que el incremento en la población de varroa se ve favorecida por la precipitación que se presentó en los meses anteriores. Sin embargo otros autores, como Giacobino *et al.*, (2016) no encontraron relación entre esos factores climáticos y la dinámica poblacional de varroa, concluyendo que la presencia del ectoparasito, va más allá de las condiciones ambientales presentes. Por lo que, el nivel de infestación de varroas pudiera estar determinado, por otras variables como el manejo, condiciones de la colmena y la disponibilidad de los recursos naturales.

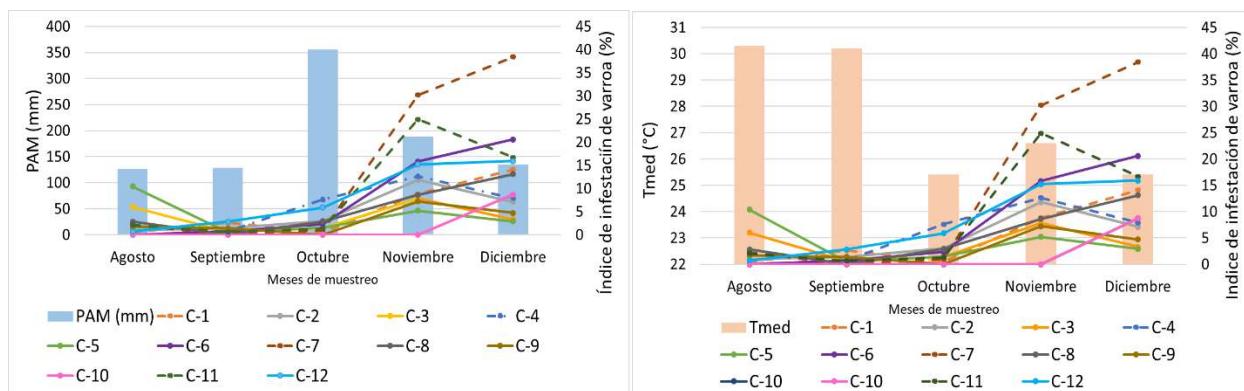


Figura 3. Fluctuación poblacional de *V. destructor* (%) por colmena según la variación de PAM y la Tmed durante el periodo de muestreo.

En el ultimo muestreo se identificaron tres colmenas con indices de infestacion Leve, la colmena 3 (3.3%), la colmena 5 (2.9%) y la colmena 9 (4.7%), lo que equivale a un 25% del apiario, por lo que, se deberá evaluar si este comportamiento se debe a factores de tolerancia o resistencia, de manera tal, que como mencionan Fuentes, et al., 2023 puedan ser colmenas seleccionadas por su comportamiento higienico, que permita tener colmenas comerciales altamente productivas si ningun método de control químico, para el acaro.

Conclusiones

Se observó una relación del incremento en el indice de infestación de *V. destructor*, con las condiciones de precipitación y temperatura presentes en la región, por lo que se sugiere que deben ser considerados para planificar el momento del diagnostico y método de control del ácaro. La identificación de colmenas con infestación Leve al final del experimento, plantea la necesidad de continuar estudiando los diferentes factores que influyen en la tolerancia y resistencia de las abejas a esta plaga a nivel local y regional, con el fin de contribuir en la selección de organismos para combatir la varroosis, responsable, desde un punto de vista sanitario, del colapso de colmenas y baja productividad de colmenas comerciales.

Referencias bibliográficas

1. Cobey, S. (2000). Chemical overuse and bee breeding alternatives. In: Tampico, T. (ed.) Memorias del XIV Seminario Americano de Apicultura.
2. Fuentes, G., Iglesias, A., Mitton, G., Ramos, F., Brasesco, C., & Maggi, M. (2023). *Varroa destructor* en Latinoamérica: una introducción a la biología, ecología y control en la región. EUNK. Rev Cienti de Abej y Api, 1(2), 12–29. <https://doi.org/10.52559/eunk.v1i2.30>
3. Giacobino, A., Molineri, A. I., Pacini, A., Fondevila, N., Pietronave, H., Rodríguez, G., Palacio, A., Bulacio Cagnolo, N., Orellano, E., Salto, C. E., Signorini, M. L., & Merke, J. (2016). *Varroa destructor* and viruses association in honey bee colonies under different climatic conditions. Environ. Microbiol. Rep., 8(3), 407–412. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12410>
4. Smoliński, S., Langowska A., & Glazaczow A. (2021). Raised seasonal temperatures reinforce autumn *V. destructor* infestation in honeybee colonies. Sci Rep, 11 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01369-1>
5. Ramos-Cuellar, A K., De la Mora, Á., Contreras-Escareño, F., Morfin, N., Tapia-González, J. M., Macías-Macías, J. O., Petukhova, T., Correa-Benítez, A., & Guzman-Novoa, E. (2024). Prevalencia e intensidad de varroosis y nosemosis de las abejas melíferas (*Apis mellifera*) en seis regiones del estado de Jalisco, México. Rev Mex de Cien Pecu, 15(1), 98-114. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i1.6434>

EFECTO INHIBITORIO DE LA ECLOSIÓN DE HUEVOS DE *Haemonchus contortus* DE UNA FRACCIÓN ORGÁNICA OBTENIDA DE *Tithonia diversifolia*.

Victoria Michelle Tapia-Molina^{1*}, Agustín Olmedo-Juárez^{2**}, Jorge Alberto Cortes-Morales³, Filiberto Anzúrez-Olvera⁴, Pedro Mendoza-de Gives², Alejandro Zamilpa⁵, Manases González-Cortazar⁵

¹Universidad Politécnica del Estado de Morelos; ²INIFAP/Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad; ³Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, UAEIM;

⁴INIFAP/Centro de Investigación Regional Pacífico Sur; ⁵Centro de Investigación Biomédica del Sur, IMSS.

*Autor para correspondencia: aolmedoj@gmail.com, olmedo.agustin@inifap.gob.mx

Palabras clave: Botón de oro, compuestos secundarios, efecto antihelmíntico.

Introducción

Las parasitosis internas del ganado en condiciones de pastoreo representan un problema para la industria de ovinos y caprinos. Los nematodos gastrointestinales entre ellos *Haemonchus contortus* son parásitos de mayor prevalencia en las unidades de producción de pequeños rumiantes. La principal estrategia de control de estos parásitos es mediante el uso de antihelmínticos comerciales. Desafortunadamente, la mayoría de los productores no llevan a cabo un diagnóstico adecuado y suelen desparasitar a todo el rebaño sin utilizar las dosis correctas del producto. Esto ha generado ineficacia de los antihelmínticos y por consecuencia los NGI han generado mecanismos de defensa que les permite tolerar la dosis recomendada por el producto comercial (Zajac y Garza, 2020). En este contexto, surge la necesidad de buscar otras herramientas de control parasitario como productos naturales obtenidos a partir de hongos y plantas ricas en metabolitos secundarios. Se ha documentado que plantas de diferentes familias con alto contenido de compuestos fenólicos son capaces de interrumpir el ciclo biológico de los NGI incluyendo a *H. contortus* (Cortes-Morales et al., 2023). Algunas extractos polares y fracciones que contienen metabolitos de mediana polaridad han demostrado efecto ovicida sobre los NGI (Castillo-Mitre et al., 2017). *Tithonia diversifolia* es una planta forrajera perteneciente a la familia Asteraceae y contiene alto contenido de metabolitos secundarios tales como los derivados de ácido hidroxicinámico (Kerebba et al., 2022), los cuales ejercen importante efecto nematicida (Mancilla-Montelongo et al., 2019).

Objetivo

El presente trabajo fue con la finalidad de evaluar el efecto inhibitorio de la eclosión de huevos de *H. contortus* de una fracción orgánica obtenida de partes aéreas de *T. diversifolia*.

Materiales y métodos

Material vegetal y obtención de fracción orgánica (F-AcOEt)

Partes aéreas de *Tithonia diversifolia* (745 g, base fresca) fueron colectados en un cultivo experimental establecido en el Campo Experimental Iguala-INIFAP ubicado en el Municipio de Iguala, Guerrero, México. El material vegetal fue secado bajo la sombra a temperatura ambiente durante tres semanas y en seguida fue triturado a un tamaño de partícula de 3-5 mm. A partir de 145 g base seca se preparó un extracto hidroalcohólico (E-HA), mismo que fue concentrado y llevado a sequedad total por rota-evaporación y liofilización, dando un extracto color café. El 90% del E-HA fue reconstituido con 1500 mL de agua destilada y fue sometido a una separación líquida-líquida con acetato de etilo, dando una fracción acuosa y una fracción orgánica (F-AcOEt). El disolvente de la F-AcOEt fue eliminado por los procesos anteriormente descritos y se almacenó a 4°C hasta su posterior evaluación antihelmíntica.

Material biológico y evaluación antihelmíntica

Se utilizaron huevos del nematodo *Haemonchus contortus*, los cuales se obtuvieron a partir de heces frescas de un ovino donador del parásito previamente infectado con larvas L3 de la cepa (INIFAP-HcIVMrSAI). La actividad ovicida de la fracción AcOEt se realizó mediante la prueba de inhibición de la eclosión de huevos (IEH) utilizando placas de microtitulación de 96 pozos. Los tratamientos fueron: la fracción AcOEt a diferentes concentraciones (4, 2, 1 y 0.5 mg/mL), agua destilada y metanol (3%) y tiabendazol (0.1 mg/mL). A cada pozo se agregaron 100±20 huevos suspendidos en 50 µL de agua destilada y 50 µL de tratamientos. Las placas se incubaron a temperatura ambiente (28-30°C) durante 48 h. Se realizó el conteo

total de huevos o larvas (L1o L2) de cada pozo y se determinó el porcentaje de IEH huevos mediante la siguiente formula: %IEHL= [(número de huevos)/(número de larvas + número de huevos) x 100.

Análisis estadístico

Los porcentajes de IEH fueron analizados mediante un ANOVA bajo un diseño completamente al azar mediante el procedimiento del modelo lineal general del paquete estadístico SAS. La comparación de medias entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95%. Las concentraciones efectivas (CE) 50 y 90 de la F-AcOEt se estimaron mediante un análisis de regresión usando el PROC PROBIT del SAS (SAS, 2014).

Resultados y discusión

La maceración de 145 g de materia seca de *T. diversifolia* permitió obtener un rendimiento del 12.8% del extracto hidroalcohólico. La separación líquida-líquida (bipartición) del extracto permitió obtener un rendimiento del 6.2% de la F-AcOEt.

En la figura 1 se muestran los resultados de la actividad ovicida de los tratamientos, así como las CE 50 y 90 de la fracción AcOEt de *T. diversifolia*. La fracción AcOEt mostró un efecto inhibitorio de la eclosión de huevos de *H. contortus* del 100% a 4 mg/mL, resultados similares al tiabendazol. Se puede observar que dicha fracción tuvo un efecto dependiente a la concentración mostrando una CE₅₀ de 10.39 mg/mL (Fig. 1b).

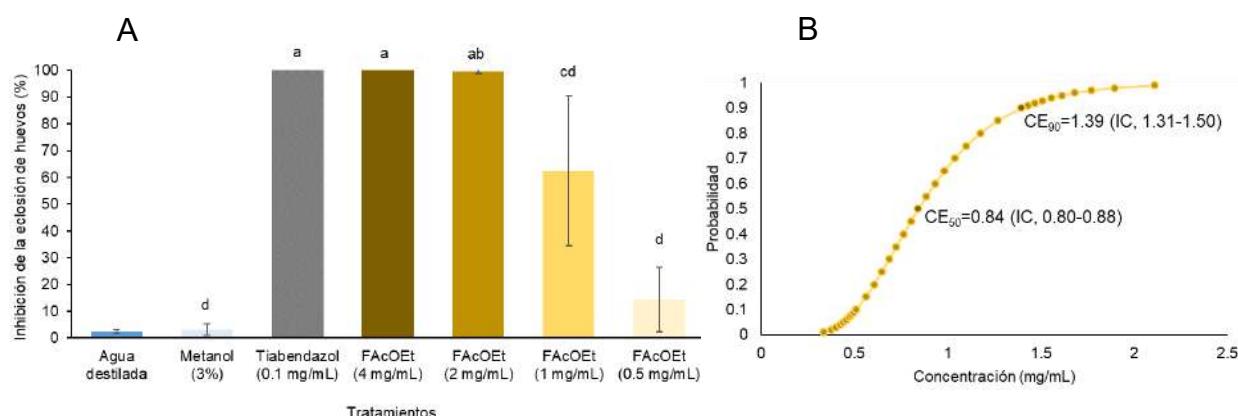


Figura 1. Porcentajes de inhibición de la eclosión de huevos de *Haemonchus contortus* y concentraciones efectivas de una fracción orgánica (F-AcOEt) obtenida de un extracto hidroalcohólico de partes aéreas de *Tithonia diversifolia*

Debido a la problemática de resistencia antihelmíntica hacia la mayoría de los productos comerciales, surge la necesidad de buscar otras herramientas de control parasitario. Diversas investigaciones a nivel mundial con plantas ricas en metabolitos secundarios han demostrado que pueden interrumpir el ciclo biológico de los NGI incluyendo a *H. contortus*. Se ha demostrado que extractos polares y de mediana polaridad de plantas de distintas familias inhiben los procesos de eclosión de huevos de *H. contortus*. La separación líquida-líquida de dichos extractos hidroalcohólicos permite obtener una fracción orgánica (F-AcOEt) con potente efecto larvicida. Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son similares a los reportados por Cortes-Morales et al. (2019) quienes evaluaron una fracción AcoEt (CE₅₀=0.77) a partir de un extracto metanólico de partes aéreas de *Baccharis conferta* (Asteraceae). El efecto ovicida de la F-AcOEt a la concentración de 5 mg/mL fue estadísticamente similar al control positivo. Se ha documentado que esta especie vegetal contiene compuestos derivados del ácido hidroxicinámico y algunos flavonoides (Kerebba et al., 2022). La evaluación del ácido p-cumarico y ácido ferúlico sobre huevos de *H. contortus* ha comprobado que inhiben la eclosión de huevos (Castillo-Mitre et al., 2017; Cortes-Morales et al., 2023).

Conclusiones

Este estudio demostró que *T. diversifolia* ejerce efecto ovicida sobre *H. contortus*. La fracción AcOEt podría evaluarse en larvas infectantes y en animales experimentales infectados con este nematodo. Los

resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación marcan la pauta para identificar el contenido de compuestos secundarios presentes en la F-AcOEt de *T. diversifolia*.

Agradecimientos y fuente financiadora

Parte de este estudio fue financiado por el proyecto fiscal “Caracterización productiva, química y nutrimental de especies arbustivas con uso potencial en alimentación y salud animal en trópico” SIGI: 10445535760.

Referencias bibliográficas

1. Castillo-Mitre, G.F., Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., González-Cortazar, M., Mendoza de Gives, P., Hernández-Beteta, E.E., Reyes-Guerrero, D.E., López-Arellano, M.E., Vázquez-Armijo, J.F., Ramírez-Vargas, G., Zamilpa, A., 2017. Caffeoyl and coumaroyl derivatives from *Acacia cochliacantha* exhibit ovicidal activity against *Haemonchus contortus*. *J. Ethnopharmacol.* 204, 125–131. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2017.04.010>
2. Cortes-Morales, J.A., Zamilpa, A., Salinas-Sánchez, D.O., González-Cortazar, M., Tapia-Maruri, D., Mendoza-de Gives, P., Rivas-González, J.M., Olmedo-Juárez, A., 2023. *In vitro* ovicidal effect of *p*-coumaric acid from *Acacia bilimekii* aerial parts against *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol.* 109971. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.109971>
3. Kerebba, N., Byamukama, R., Kuria, S.K., Oyedeffi, O.O., 2022. UHPLC-ESI-QTOF-MS/MS Characterisation of Phenolic Compounds from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray and Antioxidant Activity. *Chemistry Select*. <https://doi.org/10.1002/slct.202104406>
4. Mancilla-Montelongo, G., Castañeda-Ramírez, G. S., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Borges-Argáez, R., 2019. Evaluation of cinnamic acid and six analogues against eggs and larvae of *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol.* 270, 25-30. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.05.009>
5. Zajac, A. M., Garza, J., 2020. Biology, epidemiology, and control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Vet. Clin. N. Am.-Food Anim. Pract.* 36 (1), 73-87. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.12.005>

PRODUCCIÓN DE ANTICUERPOS POLICLONALES PARA PÉPTIDOS S28 DERIVADOS DE *Haemonchus* spp. EN CONEJOS INMUNIZADOS EXPERIMENTALMENTE.

René Camas-Pereyra¹, Génesis Andrea Bautista García¹, Gustavo Pérez-Anzures², David E. Reyes Guerrero^{1,2}, Jocelyn Maza-López^{1,2}, María Eugenia López Arellano^{1*}.

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP, ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor para correspondencia: lopez.mariaeugenio@inifap.gob.mx

Palabras clave: Inmunoglobulinas, *Haemonchus*, conejos.

Introducción

El género *Haemonchus* es altamente prevalente en las nematodosis gastrointestinales y constituye una de las problemáticas más comunes en rumiantes alrededor del mundo. Estos parásitos destacan por su patogenicidad debido a su hábito hematófago y a la alta prolificidad, ocasionando signos clínicos como falta de apetito, pérdida de peso, anemia y diarrea. Los animales jóvenes son más susceptibles a la infección por nematodos en comparación con los animales adultos; esto último se ha observado en ovejas, ya que los corderos han sido más susceptibles a las enfermedades parasitarias e infecciosas durante el primer año de vida, frecuentemente durante el primer pastoreo (Reyes-Guerrero et al., 2021). El tratamiento más utilizado para el control de estas nematodosis gastrointestinales tiene como base el uso de antihelmínticos. Sin embargo, el uso indiscriminado de diferentes familias de estos fármacos ha llevado al desarrollo de resistencia en estos nematodos. Por ello, se han propuesto métodos alternativos para el control de estos parásitos, incluyendo la búsqueda de candidatos vacúnales que sean inmunogénicos e immunoprotectores, utilizando antígenos intestinales y somáticos, generalmente, productos de excreción y secreción (E/S) (Camas-Pereyra et al., 2023; Maza-López et al., 2021). Recientemente, se ha descrito la actividad de dos secuencias peptídicas derivadas de serín-proteasas que se encuentran conservadas entre proteínas intestinales, así como productos de E/S de *Haemonchus* spp. Los estudios bioinformáticos han demostrado que estos péptidos S28 cuentan con potencial para ser reconocidos por IgG, sin que este haya sido evaluado en condiciones de laboratorio. Estudios de este tipo permitirían el diseño de un ensayo inmunoenzimático capaz de identificar ambas especies cosmopolitas, las cuales suelen encontrarse como parte de infecciones mixtas en sus diferentes hospederos definitivos.

Objetivo

Evaluar la producción de anticuerpos de IgG de conejos inmunizados mediante la mezcla de péptidos S28 derivado de *Haemonchus* spp.

Materiales y métodos

Localización: El presente estudio se desarrolló en el Laboratorio de Helmintología del Centro Nacional de Investigación en Sanidad Animal e Inocuidad (CENID-SAI) del INIFAP ubicado en Jiutepec, Morelos, y el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), de Cuernavaca, Morelos.

Péptidos sintéticos: Péptidos lineales fueron sintetizados según lo indicado por Camas-Pereyra et al. (2023), los cuales fueron suspendidos en una solución amortiguadora de fosfatos PBS pH 7.4 y cuantificados por el método de Qubit siguiendo las indicaciones del fabricante.

Establecimiento de grupos e inmunización: Los conejos fueron amablemente donados por el INSP. Se establecieron 2 grupos de conejos Nueva Zelanda: un control negativo y un grupo inmunizado (n=3). Para las inmunizaciones, se utilizó el adyuvante TiterMax® Gold (50µL) con 50 µg del mix de péptidos sintéticos: prolil-carboxipeptidasa + serina proteasa (500µL). Una vez establecidos los grupos experimentales, se realizaron 4 inmunizaciones con el mix de péptidos, con 15 días de diferencia cada una, administradas por vía subcutánea en la región dorsal del conejo.

Obtención y procesamiento de las muestras: Se colectaron muestras sanguíneas en tubos BD Vacutainer® con EDTA K2 cada 15 días post-inmunización. Éstas fueron centrifugadas a 3,500 rpm durante 3 minutos para poder colectar el plasma y resguardarlo a -20°C hasta su utilización.

ELISA indirecta: Se siguió la metodología descrita por Camas-Pereyra et al. (2023), donde los péptidos se fijaron individualmente (pep-hsp y pep-pcx) y mezclados (1:1) a una concentración de 0.25 µg/ml. Se utilizó una dilución del anticuerpo primario a 1:50 y un anticuerpo conjugado con fosfatasa alcalina,

AffiniPure Rabbit Anti-Rabbit IgG (Jackson ImmunoResearc Inc, EE. UU.) a 1:5000. La absorbancia de las placas se registró a una longitud de onda de 450 nm

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación múltiple de medias usando la prueba de Dunnett ($p<0.05$), para determinar la diferencia entre los conejos inmunizados con respecto al control negativo en cada semana ($\alpha=0.05$), utilizando el paquete estadístico IBM® SPSS® STADISTICS 25 (<https://www.ibm.com/mx-es/products/spss-statistics/features>).

Resultados y discusión

Los conejos inmunizados mostraron un incremento en la cantidad de anticuerpos IgG a partir de la semana 3, registrando los picos máximos entre la semana 5 y 6 en todos los ensayos de iELISA desarrollados ($p < 0.05$). Las sensibilizaciones de placas con péptidos individuales mostraron que la serina-proteasa, estimulaba la mayor producción de IgG policlonales al compararse con el péptido prolil-carboxipeptidasa.

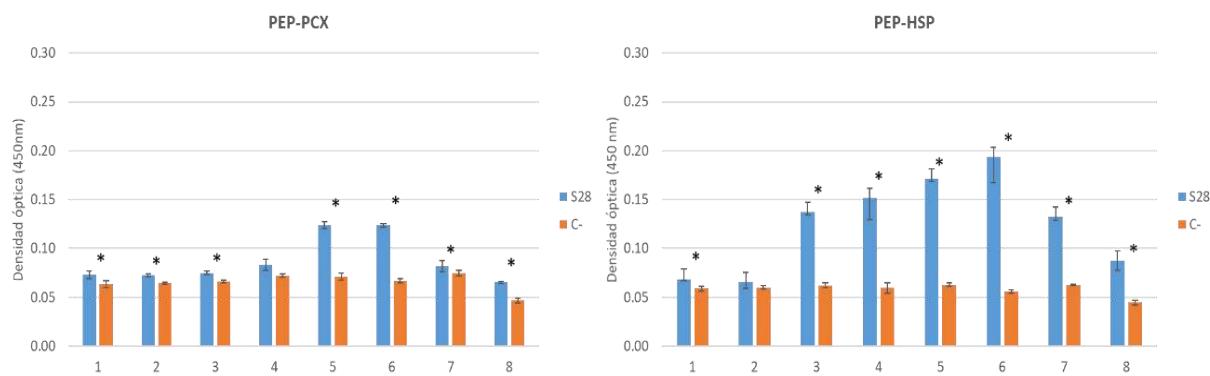


Figura 2 Absorbancias registradas en plasma de conejos inmunizados con péptidos S28. Las placas fueron sensibilizadas con péptidos de manera individual. La figura muestra la media±SE de tres ensayos independientes.

Por otro lado, el ensayo donde se sensibilizaron placas con una mezcla de péptidos S28 mostró una cinética de IgG similar a la del ensayo donde se evaluaron los péptidos de manera individual. Sin embargo, las absorbancias registradas no superaron a las alcanzadas con el péptido serina-proteasa en ninguna de las fechas evaluadas. Estos resultados difieren con lo reportado en previos estudios realizados (Camas-Pereyra et al. 2023), donde la prolil-carboxipeptidasa ha mostrado un mayor potencial para ser inmunogénica y reconocida por inmunoglobulinas de animales infectados por *Haemonchus contortus*. Con ello en cuenta, la prolil-carboxipeptidasa podría contar con un mayor potencial como candidato vacunal para esta especie de *Haemonchus*, ya que este tipo de antígenos ha mostrado ser altamente inmunogénico en diversos estudios *in vitro* (Maza-Lopez et al. (2021). Por otro lado, la serina-proteasa podría ser más importante como marcador diagnóstico en infecciones mixtas por *Haemonchus placei*, donde actualmente, las únicas herramientas disponibles para la diferenciación de especies del género se basan en análisis morfométricos y técnicas moleculares.

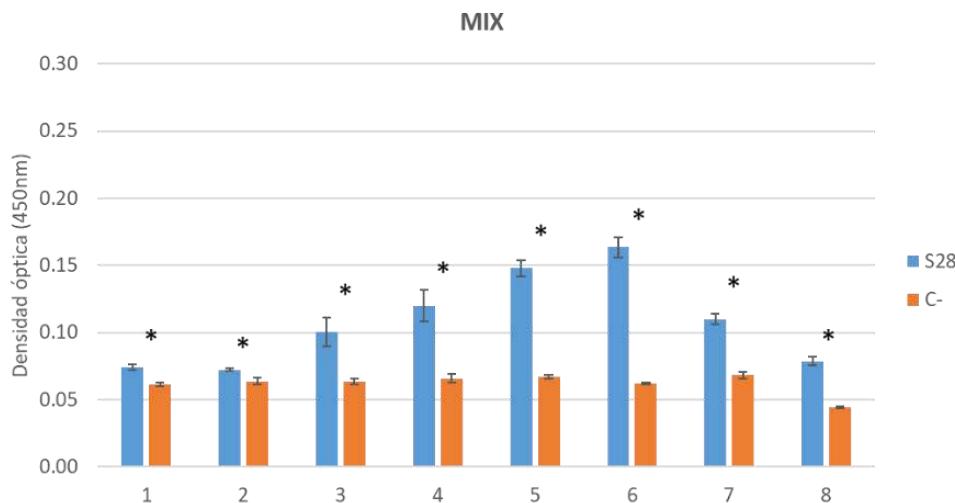


Figura 3 Absorbancias registradas en plasma de conejos inmunizados con péptidos S28. Las placas fueron sensibilizadas con péptidos de manera conjunta. La figura muestra la media±SE de tres ensayos independientes.

Conclusiones

El grupo de conejos inmunizados con el péptido tipo serina estimuló una producción de anticuerpos IgG más eficaz. Debido a que el péptido serina-proteasa se encuentra altamente conservado en *Haemonchus placei*, se sugiere que este péptido cuenta con potencial diagnóstico para la diferenciación de especies de *Haemonchus* en infecciones mixtas en rumiantes.

Agradecimientos

Proyecto financiado por CONACYT Ref. Núm. CB-2016-287598.

Referencias bibliográficas

1. Camas-Pereyra, R., Bautista-García, G. A., Avila, G., Alcalá-Canto, Y., Maza-López, J., Reyes-Guerrero, D. E., Higuera-Piedrahita, R. I., & López-Arellano, M. E. (2023). In silico analysis of two *Haemonchus* spp. serine protease peptides (S28) and their immunomodulatory activity in vitro. Molecular and biochemical parasitology, 253, 111545. DOI: 10.1016/j.molbiopara.2023.111545
2. Maza-López J, Contreras-Ochoa C, Reyes-Guerrero DE, Encarnación-Guevara S, Hernández-Ortíz M, Olmedo-Juárez A, López-Arellano ME, 2021. Analysis of the immunomodulatory activity of excreted and secreted products from *Haemonchus placei* transition infective larvae (xL₃). Vet Parasitol 298, 109512. DOI: 10.1016/j.vetpar.2021.109512
3. Reyes-Guerrero, D. E., Olmedo-Juárez, A., & Mendoza-De Gives, P. (2021). Control and prevention of nematodiasis in small ruminants: Background, challenges and outlook in Mexico. In Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias (Vol. 12) 186–204. INIFAP-CENID Parasitología Veterinaria. DOI: 10.22319/rmcp.v12s3.5840

FRECUENCIA DE ENFERMEDADES REPRODUCTIVAS EN BOVINOS DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DE LOS POBLADOS DE COSOLTEPEC, JOLUXTLA Y TULTITLÁN, OAXACA, MÉXICO.

Fernando Diosdado-Vargas*, Edgar Valera-González, Erika Gabriela Palomares-Resendiz, Miguel Ángel Luna-Álvarez, Atalo Martínez-Lara†.

CENID-SAI-INIFAP

*Autor para correspondencia: diosdado.fernando@inifap.gob.mx

Palabras clave: Evaluación, enfermedades reproductivas, bovinos.

Introducción

Las enfermedades que causan falla reproductiva en los bovinos afectan directamente en su producción, ya que, si ocasionan abortos, no habrá partos y por consiguiente no habrá leche. Dentro de las principales enfermedades que ocasionan problemas reproductivos, se encuentra la diarrea viral bovina (DVB), rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR), leptospirosis y brucellosis (Gutiérrez *et al.*, 2022). Entre los signos más característicos que provocan estas enfermedades se observan abortos, reabsorciones embrionarias, fetos momificados, nacimientos prematuros e infertilidad (Córdova *et al.*, 2003). La forma más común en que estas enfermedades entran a un hato es por la introducción de un animal infectado sin realizar un diagnóstico previo. En unidades de producción intensiva es más común llevar a cabo diagnósticos para tener un mejor estatus sanitario. Sin embargo, en unidades de producción familiar, esta práctica no se lleva a cabo de forma rutinaria.

Objetivo

Evaluar la situación sanitaria de enfermedades reproductivas en bovinos en tres poblados del estado de Oaxaca, México.

Materiales y métodos

Unidades de producción: Se tuvo cooperación de productores en tres hatos ubicados en el municipio de Cosoltepec, tres en la agencia municipal de San Juan Joluxtlá y dos en Tultitlán de Guadalcazar, Oaxaca, México.

Muestreo: Se realizó un muestreo transversal por conveniencia en ocho hatos de los poblados ya mencionados en el mes de abril del 2019. De cada hato se tomaron de 3 a 5 muestras sanguíneas y de hisopos nasales, así como de muesca de oreja. El número de muestras por hato estuvo sujeto a la cooperación de cada productor.

Pruebas de diagnóstico: Para el diagnóstico de DVB e IBR, las muestras fueron analizadas en un laboratorio privado de salud animal llevando a cabo la prueba de RT-PCR múltiple. Los anticuerpos contra 11 serovariedades de leptospira se analizaron por medio de la técnica de aglutinación microscópica. Se consideró positivo el suero que diluido a 1:100 o más, resultaba en 50% de aglutinación (OIE, 2004). Para el diagnóstico de brucellosis, se empleó la prueba de antígeno de tarjeta 8% (Aba test, PRONABIVE, México); para confirmar el resultado, las muestras fueron analizadas con la prueba de rivanol (Aba test PRONABIVE, México), considerando una muestra positiva, cuando los títulos eran $\geq 1:50$ (NOM-041-ZOO-1995). El análisis estadístico consistió en la representación de las frecuencias absolutas y relativas para cada enfermedad.

Resultados y discusión

De un total de 33 muestras de hisopo y de muesca de oreja, en el 18.1% (6/33) se detectó la presencia del virus de DVB (vDVB) y en el 33.3% (11/33), el virus de IBR(HVB1). Los resultados por poblado se muestran en el cuadro 1. Con relación a la presencia de anticuerpos en el suero contra alguna serovariedad de leptospira, se encontró que en el 24.2% (8/33) se detectó la serovariedad Wolffi y en el 3% (1/33) la serovariedad Tarassovi. Para las demás serovariedades, no se detectaron anticuerpos. Por último, no se encontraron anticuerpos contra la brucellosis al emplear las dos pruebas de diagnóstico.

Cuadro 1. Porcentaje de animales positivos al vDVB e IBR(HVB1) en las diferentes localidades muestreadas.

Localidad	DVB	% (+)	IBR(HVB1)	% (+)
Cosoltepec	0/5	0	3/5	60
Cosoltepec	3/5	60	3/5	60
Cosoltepec	0/5	0	2/5	40
Total	3/15	20	8/15	53
Joluxtla	0/4	0	0/4	0
Joluxtla	1/3	33	1/3	33
Joluxtla	0/5	0	0/5	0
Total	1/12	8	1/12	8
Tultitlán	2/3	66	1/3	33
Tultitlán	0/3	0	1/3	33
Total	2/6	33	2/6	33

El realizar un diagnóstico sanitario de rutina resulta ser de gran utilidad, ya que los resultados que nos arroje, se verán reflejados en un mejor estatus sanitario del hato. En unidades de producción intensiva, esta actividad se hace con una mayor frecuencia que en las unidades de producción familiar. El constante flujo de animales, el no emplear la vacunación en los animales, así como las pocas o casi nulas medidas de bioseguridad que se tienen en las unidades de producción familiar, incrementan el riesgo de tener problemas sanitarios. En este trabajo, se encontró que el 18.1% y el 33.3% de los animales muestreados presentaron infección por el vDVB e IBR(HVB1) respectivamente. Este porcentaje se considera alto, si se toma en cuenta que el número de animales muestreados fue bajo. En un estudio llevado a cabo en hatos de unidades de producción familiar en el estado de Oaxaca, con un número mayor de animales muestreados, se encontraron frecuencias elevadas de animales con anticuerpos contra el vDVB e IBR (Gutiérrez *et al.*, 2020). La localidad de Cosoltepec, presentó un mayor número de animales infectados por el virus de IBR (HVB1) en comparación con las otras dos localidades. La localidad de San Juan Joluxtla, presentó el menor número de animales infectados tanto para el vDVB e IBR(HVB1). Este resultado se puede explicar, ya que, en esta localidad, los hatos muestreados tenían una baja densidad de población de animales, en relación a los hatos muestreados de las otras dos localidades. Con relación al diagnóstico de leptospira, se detectó la serovariedad Wolff en al menos un animal en las tres localidades. En la localidad de San Juan Joluxtla, un animal presentó anticuerpos para la serovariedad Wolff y Tarassovi. La recomendación para este tipo de unidades de producción, es llevar a cabo programas de vacunación para prevenir problemas reproductivos, tal y como se ha sugerido en otros estudios (Rosete *et al.*, 2021). Con relación a la brucelosis, un estudio llevado a cabo en municipios de la Sierra Norte, Istmo y Costa del estado de Oaxaca, reportó una frecuencia muy baja (2.3%) a esta enfermedad en hatos de producción familiar (Gutiérrez *et al.*, 2020). En este estudio, no se encontraron animales con anticuerpos contra brucelosis al emplear las dos pruebas de diagnóstico. Sin embargo, es conveniente señalar que, al emplear la prueba de tarjeta, cuatro sueros resultaron sospechosos. Al ser analizados estos sueros por la técnica de rivanol, el resultado fue negativo. En este caso, la prueba de rivanol resultó ser más específica que la prueba de tarjeta.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de este trabajo, se puede concluir que resulta de gran importancia llevar a cabo un diagnóstico de situación en este tipo de unidades de producción, ya que la información que proporciona podría mejorar el estatus sanitario del hato y, por consiguiente, aumentar el nivel de producción.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a los productores el haber permitido muestrear a sus animales. Y a los laboratorios Tornel por el financiamiento.

Referencias bibliográficas

1. Córdova *et al.*, 2003. Enfermedades que provocan abortos en bovinos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro. Campo experimental Bajío. Folleto Técnico, diciembre 2003.

2. Gutiérrez *et al.*, 2020. Frecuencia de enfermedades de impacto reproductivo en bovinos de doble propósito ubicados en Oaxaca, México., Abanico Veterinario. Enero-Diciembre.,10:1-11. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.22>.
3. Gutiérrez HJL., Palomares REG., Díaz AE. Manejo sanitario del ganado bovino. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 4, mayo 2022. https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content
4. NORMA Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995, Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales. DOF: 20/08/1996.
5. OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal 2004. Manual de las pruebas de diagnóstico y de las vacunas para los animales terrestres (mamíferos, aves y abejas). <http://www.oie.int/doc/ged/D6508.pdf>.
6. Rosete *et al.*, 2021. Prevalencia de diversos serovariiedades de *Leptospira interrogans* en vacas no vacunadas en los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, México. Rev Mex Cienc Pecu., 12(4):1305-1316.

FRECUENCIA DE LEPTOSPIRA EN CINCO UNIDADES DE PRODUCCIÓN PORCINA DE LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS.

Fernando Diosdado-Vargas*, Guadalupe Socci-Escatell

CENID-SAI-INIFAP

*Autor para correspondencia:diosdado.fernando@inifap.gob.mx

Palabras clave: Serología, cerdos, Leptospira.

Introducción

La leptospirosis representa una parte de los problemas reproductivos en cerdos. Estudios serológicos en animales de granjas tecnificadas llevados a cabo desde el año 1991, han mostrado que se encuentra difundida en las principales zonas porcícolas (Moles *et al* 1998; Diosdado *et al.*, 2004). La frecuencia de serovariedades que afectan a los cerdos principalmente de granjas tecnificadas ha cambiado con el transcurso de los años, en un inicio, las serovariedades que se observaban con mayor frecuencia eran la Canicola, Shermani, Pyrogenes y Wolffi. En los últimos estudios serológicos, las serovariedades que predominaban eran Bratislava y Panamá (Diosdado *et al.*, 2004). Actualmente no se tiene información actualizada sobre la frecuencia de las distintas serovariedades que pudieran estar presentes en las piaras.

Objetivo

Determinar la frecuencia de diferentes serovariedades de leptospira en cerdas de cinco granjas con problemas reproductivos.

Materiales y métodos

Se muestrearon cerdas de cinco granjas porcinas donde se vacunaba contra la leptospirosis. De cada granja se tomaron 10 muestras sanguíneas de cerdas de diferentes partos. Se obtuvieron un total de 50 muestras de suero. Los anticuerpos contra 8 serovariedades de leptospira se analizaron por medio de la técnica de aglutinación microscópica. Se consideró positivo el suero que diluido a 1:100 o más, resultara en 50% de aglutinación (OIE, 2004). El análisis estadístico consistió en la representación de las frecuencias absolutas y relativas para cada serovariedad.

Resultados y discusión

De un total de 50 muestras de suero, en el 84% (42/50) se detectó al menos una serovariedad de leptospira en las cerdas de las cinco granjas muestreadas. La serovariedad con mayor frecuencia fue Portland Vere (cepa de aislamiento), con un 85.7% (36/42). Se observó un rango de 48 a 76% de cerdas con anticuerpos contra leptospira en las granjas muestreadas. Las frecuencias de cada serovariedad se muestran en el cuadro 1.

En este estudio, se observó una elevada frecuencia de cerdas con anticuerpos contra leptospira, principalmente para las serovariedades Portland Vere, Palo Alto, Icterohaemorrhagiae, Pomona y Canicola. Este resultado contrasta con lo encontrado en años anteriores, en donde se menciona que la serovariedad con mayor frecuencia fue Bratislava (Moles *et al* 1998; Diosdado *et al.*, 2004). En México, se realizó el aislamiento de la cepa Portland Vere (serogrupo Canicola) a partir de un brote de abortos en cerdas. En los porcinos, se observó una frecuencia del 13.8% en un estudio realizado entre los años de 1995 y 2000 (Cisneros *et al.*, 2002). La elevada frecuencia de esta serovariedad encontrada en el presente estudio, sugiere llevar a cabo un monitoreo de anticuerpos en los animales. Por otro lado, el haber encontrado una elevada frecuencia y altos títulos de anticuerpos en las cerdas contra las serovariedades Palo Alto e Icterohaemorrhagiae, sugieren la presencia de roedores en las granjas, los cuales se consideran un reservorio para la diseminación de la enfermedad. En estas granjas se aplicaba la vacuna triple contra leptospirosis, erisipela y parvovirosis. En la literatura se menciona que los títulos de anticuerpos vacunales son muy bajos y de poca duración (Mascher *et al.*, 2024). En general, en este estudio los títulos de anticuerpos detectados en las cerdas por la prueba de aglutinación microscópica fueron altos en la mayoría de las serovariedades. Por lo que considera que se encontraba una infección activa en las cerdas de las granjas muestreadas

Cuadro 1. Frecuencia de hembras de diferentes partos con anticuerpos contra leptospira^a.

Serovariedad	Granja 1	Granja 2	Granja 3	Granja 4	Granja 5
Icterohaemorrhagie	80%	50%	40%	40%	30%
Bratislava	20%	10%	20%	60%	20%
Pyrogenes	0%	10%	0%	10%	0%
Grippotyphosa	0%	0%	0%	10%	0%
Canicola	70%	60%	30%	60%	30%
Pomona	40%	70%	40%	50%	50%
Palo Alto ^b	90%	80%	70%	70%	60%
Portland Vere ^c	80%	80%	70%	80%	50%
Total	76%	72%	54%	76%	48%

^a Se muestrearon hembras de primero a sexto parto.

^b Cepa de aislamiento nacional serogrupo Icterohaemorrhagiae.

^c Cepa de aislamiento nacional serogrupo Canicola.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir que se encontró una elevada frecuencia de cerdas con anticuerpos contra leptospira en las granjas muestreadas. Por lo que resulta de gran importancia realizar rutinariamente pruebas de diagnóstico para determinar que serovariedades circulan en las piaras, ya que, con el paso del tiempo, éstas modifican su presencia. Se debe de considerar la opción de la aplicación de autovacunas con las serovariedades detectadas en los animales.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a los productores el haber permitido muestrear a sus animales. Este trabajo fue financiado con recursos fiscales.

Referencias bibliográficas

1. Cisneros PMA, et al., (2002). Serología diagnóstica de leptospirosis porcina en México 1995-2000. Rev Cubana Med Trop. 54(1):28-31.
2. OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal 2004. Manual de las pruebas de diagnóstico y de las vacunas para los animales terrestres (mamíferos, aves y abejas). <http://www.oie.int/doc/ged/D6508.pdf>.
3. Diosdado VF, et al., (2004). Asociación entre anticuerpos contra el virus del síndrome disgenésico y respiratorio porcino y anticuerpos contra otros patógenos. Vet Mex. 35(2):147-152.
4. Mascher S, et al., (2024). MAT-seroconversion of sow after basic immunization against different leptospira serovars. Proceedings 27th IPVS. June 4-7 Leipzig, Germany. p. 805.
5. Moles P, et al., (1998). Frecuencia de *Leptospira interrogans* en unidades de producción porcina del altiplano de México. Vet Mex. 29(1):49-52.

EFICACIA DEL DE FIPRONIL Y DORAMECTINA SOBRE LOS ECTOPARÁSITOS (*LINOGNATHUS STENOPSIS* Y *BOVICOLA CAPRAE*) EN CABRAS EN CONDICIONES DE PASTOREO.

Fernando Arellano-Rodríguez², José Luciano Tadeo-Ruiz ^{3*}, Alan Sebastián Alvarado-Espino², Oscar Ángel-García¹, Reyna del Rocío Villatoro- Dearcia⁴

¹Departamento de Ciencias Médicas Veterinarias, UAAAN UL

²Departamento de Producción Animal, UAAAN UL

³PPCPA-UAAAN UL

⁴UAAAN UL, MVZ

*Autor para correspondencia: mvzjosetadeo@gmail.com

Palabras clave: Desparasitación, piojos, infestación.

Introducción.

Los ectoparásitos más importantes que afectan la productividad de las cabras son los piojos y las garrapatas. La pediculosis caprina representa una enfermedad común en cabras criadas en un sistema de pastoreo extensivo. Las cabras pueden estar infestadas por piojos chupadores de sangre (*Linognathus spp.*) y piojos masticadores (*Bovicola spp.*), son más frecuentes durante el invierno y principios de la primavera. Es importante mencionar que los piojos son capaces de transmitir algunos patógenos de importancia para la salud pública y veterinaria, que en caprinos pueden traducirse en pérdidas de producción por pobre aumento de peso y trastornos reproductivos de considerable importancia económica. (González, 2020)

El control exitoso de los piojos en rebaños de cabras depende del método de aplicación y la eficacia del insecticida, que, a su vez, depende de la distribución del insecticida en la superficie del cuerpo y de la redistribución a las partes no tratadas (Ajith, 2019). Las lactonas macrocíclicas (macrólidos endectocidas), son compuestos útiles para combatir parásitos internos y externos. Además de poseer una actividad de amplio espectro, son eficaces a concentraciones muy bajas. La doramectina es una avermectina. En el ganado despliega un amplio espectro de actividad contra nematodos gastrointestinales, vermes pulmonares, parásitos oculares, piojos chupadores, gorgojos, garrapatas, ácaros y vermes barrenadores (Báez et al. 2019). El fipronil es un fármaco pertenece a los fenilpirazoles, este ejerce acción permitiendo el ingreso de los canales de cloro, en específico a los que son regulados por el neurotransmisor (GABA), inhibiendo la transferencia pre y postsináptica del cloro por la membrana celular, provocando una acción incontrolada del sistema nervioso y así la muerte de los piojos 48 horas después de la exposición y una acción prolongada de hasta 35 días después de aplicarse (Ramesh y Anadón, 2018)

Objetivo

Determinar la eficacia del fipronil y doramectina sobre los ectoparásitos (*Linognathus stenopsis* y *Bovicola caprae*) en cabras en condiciones de pastoreo.

Materiales y métodos.

Localización y condiciones climáticas del área de estudio.

La presente investigación fue realizada en la localidad de San Nicolás del Municipio de San Pedro, la cual está situada en el estado de Coahuila de Zaragoza. San Nicolás se ubica a 19.8 kilómetros de San Pedro, se encuentra a una mediana altura de 1100 metros sobre el nivel del mar, en cuanto al clima los veranos son largos y cálidos mientras que los inviernos son cortos, frescos y secos y está parcialmente nublado durante todo el año. La temperatura durante el transcurso del año generalmente varía de 7 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 38 °C.

Manejo de los animales.

Para el experimento se utilizaron 15 cabras multirraciales que representan el 10% de la población total del hato (150 animales). Se utilizaron animales del sistema denominado extensivo los cuales son pastoreados durante diez horas (de 9:00am a 7:00pm) donde pastorean consumiendo cobertura natural normal y recursos arbustivos.

Recolección de muestras

Para las muestras de ectoparásitos se realizó un peinado del cuello, abdomen, miembros posteriores con un peine comercial para piojos y una tela sujetado con un aro de madera que sirvió como base para colectar los piojos. Una vez recolectados se depositaron en un tubo eppendorf de 2.0 mL con alcohol al 70%

previamente marcado con el número de identificación de la cabra. Posteriormente hacer la identificación, clasificación y conteo de los ectoparásitos en el laboratorio de la UAAAN-UL, utilizando un microscopio estereoscópico.

Desparasitación de los animales

Posterior a la identificación de los parásitos se desparasitó a los animales a finales del mes de noviembre, para lo cual se utilizó la doramectina en dosis de 1.0 mL vía IM (200 mcg por cada 50 kg de PV) mas 1.0 mL de fipronil al 1% (1 mg de fipronil por cada 10 kg de PV) por vía percutánea (a lo largo del lomo del animal) en la línea que va desde la cruz hasta la base de la cola. Posteriormente se realizaron muestreos (diciembre, enero, febrero) para determinar la eficacia del tratamiento según y determinar la prevalencia de los ectoparasitos.

Resultados y discusión

Previo a la desparasitación (octubre) se encontró una prevalencia de 87% de *L. stenopsis* y un 52% de *B. caprae* y en el mes de noviembre 87 % de *L. stenopsis* y 44% de *B. caprae*. Después de la desparasitación (finales de noviembre) se midió la eficacia de los desparasitante realizando muestreos durante los meses de diciembre a febrero. El porcentaje de parásitos tanto chupador *L. stenopsis* y masticador *B. caprae* fue del 0% para los meses de diciembre, enero y hasta febrero. Nuestros resultados muestran que la combinación de doramectina y fipronil tienen una eficacia del 100 % sobre la prevalencia de piojos chupador (*Linognathus stenopsis*) y masticador (*Bovicola caprae*). Al combinar el tratamiento de la doramectina por vía intramuscular profunda y fipronil por vía percutánea mostró una eficacia prolongada del 100% frente a estos ectoparásitos para los meses de diciembre, enero y hasta febrero. Lo anterior, puede ser debido a que la doramectina viaja vía torrente sanguíneo y que *L. stenopsis* se alimenta de sangre por lo que inhabilita la actividad pre y post sináptica de las células nerviosas y músculos causando parálisis y muerte de este. Este estudio coincide a los que plantea Quiroz et al. (2011) ya que menciona que solo una aplicación de doramectina es eficaz. El fipronil al aplicarse por vía percutánea y fijarse a las glándulas sebáceas, folículo piloso y estrato corneo de la piel quedando almacenado y liberándose poco a poco provoca parálisis y también la muerte de *B. caprae* 48 horas después de la exposición y una acción prolongada de hasta 35 días después de aplicarse (Ramesh y Anadón, 2018). Sin embargo, nuestros resultados nos muestran que la acción prolongada es de hasta 90 días.

Conclusiones

La combinación de doramectina y fipronil tiene una eficacia del 100% sobre parásitos chupador *L. stenopsis* y masticador *B. caprae* y un mecanismo de acción prolongado hasta de 3 meses. Se sugiere hacer énfasis en los programas de desparasitación interna y externa, ya sea a través de fármacos combinados o por separado. Además de determinar los meses en que la incidencia de estos parásitos es mayor, para así lograr un mayor control y lograr un mecanismo de acción prolongado.

Agradecimientos

Al programa del posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Laguna.

Referencias bibliográficas

1. González, V. 2020. Presence of two lice species (Insecta: Phthiraptera) in a goat (*Capra hircus*) from La Comarca Lagunera, Mexico: a case report. International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology (IJRASB), 7(5), 152-155.
2. Ajith, Y., Dimri, U., Gopalakrishnan, A. & Devi, G., 2019, 'A field study on the efficacy of ivermectin via subcutaneous route against chewing lice (*Bovicola caprae*) infestation in naturally infested goats', Onderstepoort Journal of Veterinary Research 86(1), a1635.
3. Báez, C., Lara, M., Ortega, O., Torres, M., Bogarín, L. 2019. Efecto antihelmíntico de ivermectina y doramectina en bovinos destetados del sur paraguayo. Departamento de Ciencias Fisiológicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Rev. Vet. 30: 2.
4. Ramesh C, Anadón A. 2018. Chapter 42 - Fipronil, Veterinary Toxicology (Third Edition), Academic Press, Pages 533-538.
5. Quiroz, R.H., Figueroa, C.J., Ibarra, V.F., López, A.M. 2011. Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos. Primera edición. 396-402.

DIAGNÓSTICO DE *Sarcocystis* sp. EN UNA ALPACA (*Vicugna pacos*) DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY: REPORTE DE CASO.

María Soledad Valledor¹, Martín Sebastián Lima¹, Virginia Méndez¹, Bibiana Cuñarro¹, Alejandra Larrea¹, Liliana Aguilar-Marcelino², Jersson Millán-Orozco³, Jair Millán-Orozco^{1,3*}

¹Facultad de Veterinaria, Universidad de la República (FVet-UdelaR), Montevideo, Uruguay; ³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID-SAI, INIFAP), Morelos, México; ⁴Laboratorio de Anatomía, Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, División Regional de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna (UAAAN-UL), Coahuila, México.

*Autor para correspondencia: jmillan.orozco@uaaan.edu.mx; millan.orozco@yahoo.com.mx

Palabras clave: Alpacas, necropsia, *Sarcocystis* sp.

Introducción

Los protozoos del género *Sarcocystis* (phylum Apicomplexa) son parásitos intracelulares que infectan a un elevado número de animales en todo el mundo, incluido el ser humano ⁽¹⁾. *Sarcocystis* spp. tiene un ciclo vital obligatorio de dos hospedadores, con un hospedador intermediario herbívoro específico y un hospedador final carnívoro, que elimina los ooquistes esporulados en sus heces. Se han detectado sarcoquistes en necropsias realizadas tanto en alpacas como en llamas, ambos hospedadores intermedios ⁽²⁾. Este parásito, considerado una zoonosis de transmisión alimentaria (ETA), genera trastornos gastrointestinales y, en casos agudos con altas dosis de parásitos, puede asociarse a síntomas clínicos graves, como anorexia, fiebre, anemia, debilidad, pérdida de peso, signos nerviosos, abortos e, incluso, la muerte ⁽³⁾. La presentación de estos síntomas se debe a la actividad de la sarcocistina, una neurotoxina que se encuentra/produce en el quiste ⁽⁴⁾.

Objetivo

El presente estudio tuvo como objetivo describir el primer caso clínico de la infección por *Sarcocystis* sp. diagnosticada en Alpacas del Uruguay.

Materiales y métodos

El presente estudio consistió en la visita *in situ* de un equipo multidisciplinario de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República de Uruguay a un criadero de Alpacas ubicado en la Ruta Nacional Nº 9 en el Departamento de Maldonado. El equipo estaba formado por profesores de los departamentos universitarios de anatomía, análisis clínicos, anatomía patológica y parasitología veterinaria. El criadero de alpacas albergaba noventa y siete animales separados en diferentes categorías correspondientes a un grupo de machos, un grupo de hembras con sus crías y otro grupo de hembras preñadas. A lo largo de cuatro meses se tomaron muestras de heces y sangre de seis animales, que habían aparecido muertos sin signos aparentes de enfermedad y a los que se realizaron estudios colaterales y necropsias para obtener un diagnóstico definitivo. La necropsia se realizó y las muestras se tomaron en las primeras 4 h post-mortem y observando estrictamente las normas de bioseguridad estipuladas por el Departamento de Anatomía de la universidad. El primer animal necropsiado y en el cual se realizó el diagnóstico definitivo, fue un macho de seis años, del que se tomaron muestras de diferentes regiones y órganos de su cuerpo para realizar análisis bacteriológicos, histopatológicos y parasitarios.

Resultados y discusión

Los principales hallazgos macroscópicos detectados por la necropsia fueron emaciación, desnutrición, atrofia muscular generalizada, pérdida de tejido adiposo subcutáneo, adelgazamiento de los músculos de la pared abdominal y grasa perirrenal metabolizada. Además, la presencia de lesiones quísticas (encapsuladas) indicaba sarcoquistes de color blanco nacarado con paredes lisas y delgadas, mientras que se observó una disposición miliar en: esófago, cuello, músculos intercostales, músculo del diafragma con necrosis caseosa aparentemente hepática, parénquima hepático y músculos esqueléticos. Si bien, se han encontrado sarcoquistes en los músculos de varias especies de camélidos sudamericanos, existen pocos informes que indiquen la participación de especies de *Sarcocystis* en la infección ⁽⁵⁻⁷⁾ o su prevalencia, que puede alcanzar hasta el 96%, especialmente en Sudamérica.

Los hallazgos clínicos de la necropsia (emaciación, desnutrición, anemia, miositis y ausencia de grasa de reserva) coinciden con las alteraciones descritas por Chávez et al.,⁽⁸⁾ mientras que, las dimensiones de los bradizoítos correspondían con las descritas por Carletti et al.,⁽⁵⁾ Las lesiones quísticas de color blanco nacarado (encapsuladas) y la disposición miliar observadas han sido comunicadas por estudios previos en el esófago⁽⁹⁾, el cuello, los músculos del diafragma, los músculos intercostales, los músculos esqueléticos⁽¹⁰⁾ y el parénquima hepático. Los quistes han sido un hallazgo frecuente de los estudios realizados en los músculos esqueléticos, indicando la presencia de sarcoquistes con paredes lisas y delgadas, con quistes de 3 a 5 mm de longitud⁽¹⁰⁾. Los criaderos de alpacas uruguayos y sus equipos veterinarios se enfrentan a dificultades de manejo sanitario, nutricional y reproductivo de su ganado, mientras que los hallazgos de las necropsias que realizan son difíciles de interpretar dado que muchos aspectos de la fisiología, reproducción y/o salud general de la alpaca permanecen desconocidos.

Conclusiones

Este es el primer caso descrito de *Sarcocystis* sp. en una alpaca en Uruguay. Dada la ausencia de informes de casos anteriores, la importancia de la sarcoidosis como zoonosis cosmopolita y la presencia de este parásito altamente patógeno en la región es de gran relevancia. Se requieren futuras investigaciones para identificar los hospedadores intermediarios que participan en el ciclo de vida de *Sarcocystis* sp. en Uruguay, los factores de riesgo asociados a la transmisión y emprender la identificación molecular y genética de los especímenes que circulan en la región. Por otra parte, un problema importante en esta área se relaciona con la ausencia de medidas de prevención y/o control.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores agradecen a la Intendencia Departamental de Maldonado por las facilidades y ayuda brindada en la toma de muestras de alpacas; a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por el apoyo financiero (Proyecto número: 25311-420001001-0015) otorgado a ir Millán-Orozco durante su estancia académica en Montevideo, Uruguay.

Referencias bibliográficas

1. Scioscia NP, Gos ML, Denegri GM, Moré G. Molecular characterization of *Sarcocystis* spp. in intestine mucosal scrapings and fecal samples of Pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*). Parasitol Int 2017;66:622-626.
2. La Perle KMD, Silveria F, Anderson DE, Blomme EAG. Dalmeny Disease in an Alpaca (*Lama pacos*): Sarcocystosis, Eosinophilic Myositis and Abortion. J Comp Path 1999;121:287-293.
3. Gabor M, Gabor LJ, Srivastava M, Booth M, Reece R. Chronic myositis in an Australian alpaca (*Llama pacos*) associated with *Sarcocystis* spp. J Vet Diagn Invest 2010;22:966-969.
4. Carhuapoma V, Valencia N, Sanchez V. Toxic effect of Macrocysts of *Sarcocystis aucheniae* H. Wild in House Mice. Rev Inv Vet Perú 2016;27:589-594.
5. Carletti T, Martin M, Romero S, Morrison DA, Marcoppido G, Florin-Christensen M, Schnittger L. Molecular identification of *Sarcocystis aucheniae* as the macrocyst-forming parasite of llamas. Vet Parasitol 2013;198:396-400.
6. Martin M, Decker-Franco C, Romero S, Carletti T, Schnittger L, Florin-Christensen M. Molecular detection of *Sarcocystis aucheniae* in the blood of llamas from Argentina. Rev Arg Microbiol 2016;48:200-205.
7. Romero S, Carletti T, Decker-Franco C, Moré G, Schnittger L, Florin-Christensen M. Seropositivity to *Sarcocystis* infection of llamas correlates with breeding practices. Vet Parasitol Reg Stud Reports 2017;10:65-70.
8. Chávez A, Leyva V, Panez S, Ticona D, García W, Pezo D. Sarcocystosis and productive efficiency of the Alpaca. Rev Inv Vet Perú 2008;19:160-167.
9. Gareh A, Soliman M, Saleh AA, El-Gohary FA, El-Sherbiny HMM, Mohamed RH, Elmahallawy EK. Epidemiological and Histopathological Investigation of *Sarcocystis* spp. in Slaughtered Dromedary Camels (*Camelus dromedarius*) in Egypt. Vet Sci 2020;7:162.
10. Saeed MA, Rashid MH, Vaughan J, Jabbar A. Sarcocystosis in South American camelids: The state of play revisited. Parasites & Vectors 2018;11:146.

USO DE QUIMIOPROTECTORES PARA DISMINUIR LOS EFECTOS TÓXICOS DE LA AFLATOXICOSIS CRÓNICA EN GALLINAS DE POSTURA.

María Carolina de Luna-López^{1*}, Arturo Gerardo Valdivia-Flores¹, Téodulo Quezada-Tristán¹, Raúl Ortiz-Martínez¹, Erika Janet Rangel-Muñoz¹, Emmanuel Hernández-Valdivia¹

¹Centro de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

*Autor para correspondencia: carolina.deluna@edu.uaa.mx

Palabras clave: Quimioprotectores, aflatoxicosis crónica, gallinas de postura.

Introducción

Las aflatoxinas (AFs) son de las micotoxinas más tóxicas y carcinogénicas que existen, produciendo un impacto negativo en la salud humana y animal y ocasionan pérdidas económicas valuadas en millones de dólares. En la industria avícola las AFs frecuentemente se han relacionado con la contaminación de alimentos y ocasionan mortalidad en dosis altas, pero en dosis de moderadas a bajas y con exposición crónica, ocasionan una reducción de la productividad debido al daño hepático, renal e inmunológico que producen (Aravind *et al.*, 2003). En gallinas de postura, las AFs inducen una disminución en la cantidad y calidad del huevo y aunque el organismo logra inactivar una buena parte de las AFs ingeridas, cuando las dosis de éstas son altas, los niveles de contaminación en el huevo rebasan los límites de detección y los límites máximos de tolerancia. Se han desarrollado estrategias para prevenir, disminuir o inactivar el efecto de las AFs, como lo es la quimioprotección, que consiste en el uso de compuestos químicos para incrementar la actividad de los procesos de destoxicificación (glutatión reducido, transferasas de glutatión, gamma glutamiltranspeptidasa), cuando éstos son adicionados a la dieta de los animales (Zaghini *et al.*, 2005). Se ha reportado que el uso de *Saccharomyces cerevisiae* y N-acetilcisteína en animales de laboratorio y algunos en aves, producen buenos resultados para combatir el efecto tóxico de las AFs y su mecanismo de acción se basa principalmente en estimular la expresión de las enzimas y antioxidantes que median el metabolismo de las micotoxinas (Arfsten *et al.*, 2004).

Objetivo

Debido a que existen pocos reportes del uso de quimioprotectores en aves, el objetivo del estudio fue evaluar la capacidad de *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) y N-acetilcisteína (NAC) para estimular los mecanismos de destoxicificación de las AFs durante la intoxicación crónica alimentaria en gallinas de postura.

Materiales y métodos

Se obtuvieron 500 gallinas de postura, Leghorn Hy-Line, las cuales fueron sometidas a intoxicación experimental crónica. A las 14 semanas de edad se formaron 12 grupos experimentales combinando en la dieta diferentes dosis de AFs (0.00, 0.50, 1.00 y 1.50 mg/kg), con los quimioprotectores (Sc: 5.0 g/kg; NAC 800 mg/kg de pc) así como un grupo sin quimioprotector para cada nivel de AFs. El nivel de 0.0 mg/kg AFs fue el grupo Control. Se realizó el sacrificio de un total de 36 aves de postura, es decir, 3 aves en cada fecha considerada (0, 14, 20, 46 y 72 semanas de intoxicación). En cada sacrificio se obtuvieron muestras sanguíneas para la cuantificación de la concentración de proteínas totales plasmáticas (PTP) y muestras de tejido hepático y renal para la cuantificación de la concentración de proteínas totales (PT), glutatión reducido (GSH), cuantificación de la actividad enzimática de las transferasas de glutatión (GST) y de la gamma glutamiltranspeptidasa (GGT). Para el análisis estadístico se diseñó un modelo completamente al azar con un arreglo factorial de tratamientos de 3x4 para evaluar las interacciones de la toxina con los quimioprotectores a cada uno de los valores empleados o niveles (dosis). La comparación de medias de los tratamientos se realizó por medio de la prueba protegida de Fischer, considerando un nivel de probabilidad $P<0.05$. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza mediante el procedimiento para modelos lineares generales del software Statistical Analysis System (SAS®).

Resultados y discusión

Proteínas totales. En cuanto a la concentración de PTP hubo diferencias significativas ($P<0.01$). Las gallinas intoxicadas y tratadas presentaron un incremento en la concentración de PTP en el grupo Sc (73.6

g/dL; 1.0 mg/kg AFs) y en el grupo NAC (79.2 g/dL; 1.5 mg/kg AFs) en la semana 72 y comparado con el grupo Control (64.5 g/dL). En el caso de las PT hepáticas, se observó un incremento significativo ($P<0.01$) de la concentración en la semana 72, en donde el grupo AFs (13.9%; 0.5 y 1.0 mg/kg AFs) tuvo el mayor incremento comparado con el grupo Sc (9.8%; 1.0 mg/kg AFs) y el grupo NAC (12.9%; 1.5 mg/kg AFs) cuando fueron comparados con el grupo Control (4.9%). El efecto de los quimioprotectores se incrementó conforme transcurrió el tiempo, tal vez por una recuperación de la función relacionada con la utilización del GSH en el metabolismo de las AFs en este mismo periodo. Por otro lado, el grupo de NAC con AFs presentó concentración proteínica superior comparada con Sc. Las PT renales tuvieron el mismo comportamiento que las hepáticas durante el mismo periodo, donde el grupo NAC tuvo una mejor respuesta comparada con el grupo Sc (4.1%; 1.5 mg/kg AFs) con un incremento de 4.3% (1.0 mg/kg AFs), aunque menor que el grupo Control (4.7%) durante la semana 72. Un estudio en pollos reportó que el uso de Sc en la dieta incrementó los niveles de PTP, relacionado tal vez con el aumento en la síntesis de otras fracciones proteínicas séricas como la alfa y beta-globulina, las cuales también se incrementaron por el consumo de Sc (Arrieta *et al.*, 2007). Mientras que Valdivia *et al.* (2001), reportaron que el uso de NAC en pollos intoxicados con AFs, aminoró el daño ocasionado por la micotoxina al observar un mejoramiento en la concentración de proteínas plasmáticas, lo cual pudo estar relacionado con la reducción del daño en hígado y riñones.

Glutatión reducido. Se observó un incremento significativo ($P<0.01$) de GSH, principalmente en la semana 46 en el grupo AFs (4.7 umol/g de tejido), Sc (4.6 umol/g de tejido) y NAC (5.1 umol/g de tejido) en la dosis de 1.0 mg/kg AFs comparado con el grupo Control (3.8 umol/g de tejido). Posteriormente, en todos los grupos se produjo una depleción de la concentración, que se podría interpretar como un consumo de GSH provocado por el metabolismo de las AFs. Se observó el mismo efecto en GSH renal, ya que a las 46 semanas se presentó un incremento en la concentración, donde el grupo NAC tuvo una mayor respuesta (5.2 umol/g de tejido; 0.5 mg/kg AFs) comparado con el grupo AFs (5.0 umol/g de tejido; 0.5 mg/kg AFs), Sc (4.5 umol/g de tejido; 1.5 mg/kg AFs) y grupo Control (4.6 umol/g de tejido). No hay reportes del efecto de Sc sobre la síntesis de GSH, pues la mayoría de los estudios en pollos, se han realizado para mejorar el estado inmunológico y protegerlos contra otros agentes patógenos. Por lo tanto, la inclusión de Sc en la dieta de aves para combatir la aflatoxicosis parece ser una nueva alternativa, pues otro de los factores que se ve implicado en la depleción de los niveles de GSH, es la infección ocasionada por agentes virales y bacterianos los cuales comprometen el sistema inmune de las aves. Otro estudio reportó que NAC en pollos con aflatoxicosis aguda produjo una recuperación del 10% de GSH hepático, atribuido posiblemente a un incremento de los precursores de cisteína y a la unión competitiva de los metabolitos reactivos de las AFs con cisteína (Valdivia *et al.*, 2001).

Transferasas de glutatión. Hubo un incremento significativo ($P<0.01$) de estas enzimas principalmente en la semana 72. En hígado, el grupo Sc presentó la mayor actividad (13.9 umoles CDNB/mg de proteína) comparado contra NAC (13.6 umoles CDNB/mg de proteína), AFs (12.3 umoles CDNB/mg de proteína; 0.5 mg/kg AFs) y el grupo Control (12.3. umoles CDNB/mg de proteína). Mientras que en riñón, el grupo NAC fue el que presentó la mejor respuesta sobre la actividad enzimática (15.4 umoles CDNB/mg de proteína; 0.5 mg/kg AFs) a diferencia del grupo Sc (15.0 umoles CDNB/mg de proteína; 0.5 mg/kg AFs), grupo AFs (15.0 umoles CDNB/mg de proteína; 1.5 mg/kg AFs) y grupo Control (10.7 umoles CDNB/mg de proteína). En tejido renal, la actividad de la enzima se mantuvo más elevada que el grupo Control, ya que en este órgano ocurre un menor daño de las AFs comparado con el hígado, por lo cual la actividad metabólica de esta toxina se mantuvo estable durante mayor tiempo; asimismo, el incremento de la actividad de las GST coincide con la depleción de GSH en este mismo órgano en la semana 72. No hay reportes del efecto de Sc sobre la actividad de las GSTs, pero en este estudio el Sc pareció ejercer protección en las gallinas que consumieron AFs, pues la actividad de las GSTs a nivel de hígado y riñones fue incrementada. En el caso de NAC, un estudio en pollos intoxicados (3.0 mg/kg AFB1), reportó que el este antioxidante no produjo diferencias significativas sobre la actividad de las GSTs hepáticas (Valdivia *et al.*, 2001).

Gamma glutamiltranspeptidasa. La actividad de esta enzima en hígado se incrementó significativamente ($P<0.01$) en las gallinas del grupo AFs (89.9 y 76.3 U/L/min/mg de proteína; 1.0 y 1.5 mg/kg AFs, respectivamente) durante la semana 20 comparado contra el grupo Control (38.3 U/L/min/mg de proteína). Este incremento sugiere una respuesta del organismo para sintetizar la enzima ante la presencia de conjugados AFs-GSH. Con el transcurso del tiempo, la actividad descendió significativamente ($P<0.01$) hasta el final del estudio en las gallinas intoxicadas, debido a un efecto del consumo de la enzima al participar en la eliminación de los conjugados por la vía del ácido mercaptúrico. En los grupos con quimioprotectores también se produjo un incremento significativo ($P<0.01$) de la GGT en las aves

intoxicadas con 0.5 mg/kg AFs; en el grupo Sc el incremento de la actividad enzimática (76.5 U/L/min/mg de proteína) se presentó en la semana 46, mientras que en el grupo NAC fue en la semana 14 (101 U/L/min/mg de proteína). Se sugiere que Sc proporcionó protección a las gallinas intoxicadas pues estimuló la actividad enzimática durante todo el periodo experimental, mientras que NAC no pudo incrementar la actividad durante el mismo periodo. La actividad de la GGT renal fue menor y con algunas variaciones significativas ($P<0.01$). La mayor actividad de GGT se observó con Sc (23.8 U/L/min/mg de proteína; 0.5 mg/kg AFs), en el grupo AFs (21.2 U/L/min/mg de proteína) y en el grupo NAC (11.8 U/L/min/mg de proteína; 1.5 mg/kg AFs) en las semanas 14, 46 y 20, respectivamente en cada grupo. Esta respuesta pudo deberse a que el hígado es el principal órgano encargado de metabolizar las AFs, mientras que los riñones tienen un porcentaje menor de actividad. Sin embargo, tanto Sc como NAC no fueron capaces de incrementar la actividad enzimática en las gallinas intoxicadas conforme transcurrió el tiempo, principalmente en la etapa final del estudio, ya que la actividad fue semejante al de las gallinas del grupo AFs durante este mismo periodo. Aravind et al. (2003) emplearon glucomananos esterificados (E-GM, 0.05%) extraídos de la pared celular de Sc en pollos intoxicados de forma natural con 4 micotoxinas (168 µg/kg AFs, 8.4 µg/kg ocratoxina A, 54 µg/kg zearalenona, 32 µg/kg toxina T-2) y reportaron un incremento en la actividad de la GGT, atribuido posiblemente a una degeneración hepática mientras que los pollos tratados con E-GM y micotoxinas, la actividad de la enzima disminuyó significativamente. No existen reportes del uso de NAC sobre la actividad de la GGT en pollos con aflatoxicosis, pero un estudio en ratas sugirió que NAC puede reducir o prevenir la toxicidad de ciertos xenobióticos sobre el riñón mediante la regulación de enzimas involucradas en la homeostasis de los niveles celulares de GSH, como la gamma-glutamilcisteína sintetasa (Arfsten et al., 2004).

Conclusiones

Los compuestos de *Saccharomyces cerevisiae* y N-acetilcisteína por si solos no produjeron alteraciones bioquímicas y fueron bien aceptados por las aves experimentales. El consumo alimenticio de *Saccharomyces cerevisiae* y N-acetilcisteína indujeron un efecto quimioprotector en las gallinas de postura intoxicadas de forma crónica con aflatoxinas, al aminorar los cambios en parámetros bioquímicos indicadores de aflatoxicosis, como son la actividad enzimática de GST, GGT así como en la concentración de GSH y proteínas totales en tejidos y plasma.

Referencias bibliográficas

1. Aravind KL, Patil VS, Devegowda G, Umakantha B, Ganpule SP. 2003. Efficacy of esterified glucomannan to counteract mycotoxicosis in naturally contaminated feed on performance and serum biochemical and hematological parameters in broilers. *Poultry Science*, 82: 571–576.
2. Arfsten DP, Johnson EW, Thitoff AR, Jung AE, Wilfong ER, Lohrke SM, Bausman TA, Eggers JS, Bobb AJ. 2004. Impact of 30-day oral dosing with N-acetyl-l-cysteine in Sprague-dawley rat physiology. *International Journal of Toxicology*, 23: 239 – 247.
3. Arrieta D, Pérez-Arévalo ML, Luengo A, Hernández JP, Lista-Alves D, Mosquera J. 2007. Alteraciones histológicas hepáticas e incremento de proteínas séricas en pollos de engorde alimentados con dietas suplementadas con *Saccharomyces cerevisiae*. *Investigación Clínica*, 48: 431–443.
4. Valdivia AG, Martinez A, Damian FJ, Quezada T, Ortiz R, Martinez C, Llamas J, Rodriguez ML, Yamamoto L, Jaramillo F, Loarca-Pina MG, Reyes JL. 2001. Efficacy of N-acetylcysteine to reduce the effects of aflatoxin B1 intoxication in broiler chickens. *Poultry Science*, 80: 727–734.
5. Zaghini A, Martelli G, Roncada P, Simioli M, Rizzi L. 2005. Mannanoligosaccharides and aflatoxin B1 in feed for laying hens: effects on egg quality, aflatoxins B1 and M1 residues in eggs, and aflatoxin B1 levels in liver. *Poultry Science*, 84: 825–832.

IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EXPRESIÓN RELATIVA DEL GEN AoMae1 ASOCIADO AL DESARROLLO Y METABOLISMO SECUNDARIO DE DOS CEPAS *Arthrobotrys spp.*

María José Hernández-Vega², Elke von Son-de Fernex³, María Eugenia López- Arellano¹, Pedro Mendoza-de Gives^{1, 3}, Génesis Andrea Bautista-García¹, Gustavo Pérez-Anzúrez¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad del INIFAP

²Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR)

³Centro de enseñanza, investigación y extensión en ganadería tropical, FMVZ, (UNAM)

*Autor para correspondencia: mendoza.pedro@inifap.gob.mx

Palabras clave. AoMae1, expresión relativa, metabolismo secundario.

Introducción

Los nematodos gastrointestinales (NGI) provocan trastornos que se manifiestan a través de signos clínicos como diarrea, debilidad, deshidratación, anemia, entre otros. Los antihelmínticos son una alternativa de control de las parasitosis gastrointestinales; sin embargo, la resistencia a los antihelmínticos se ha convertido en un desafío creciente en el control de los NGI en el ganado. En respuesta a este problema, han surgido nuevos métodos que permiten aminorar los problemas que traen las parasitosis, como el control biológico mediante enemigos naturales de los nematodos y los compuestos producidos por estos. Dentro de los agentes de control biológico de los nematodos se encuentran diversos géneros bacterianos, algunas plantas y los hongos nematófagos (HN), siendo estos últimos ampliamente estudiados, mostrando resultados alentadores. Los HN han demostrado ser altamente efectivos en el control biológico de los parásitos que afectan a los animales, especialmente en aquellos que son de importancia en la ganadería; no son patógenos para los animales y además no causan ningún efecto dañino en el medio ambiente. Del mismo modo, un gran número de especies tienen la habilidad de formar estructuras especializadas para capturar a los nemátodos y posteriormente nutrirse de ellos (Pérez-Anzúrez et al., 2022).

Aunque los mecanismos mecánicos han sido ampliamente estudiados, poco se ha investigado respecto a los genes involucrados en los diversos mecanismos de acción de los hongos nematófagos, principalmente de aquellos que producen metabolitos secundarios. La malato deshidrogenasa (MDH) es una enzima fundamental en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (TCA) y resulta vital para mantener el equilibrio energético y el crecimiento. El papel de la MDH en hongos filamentosos aún no se encuentra claro, por ello, Liu y colaboradores (2023) evaluaron el rol que desempeña el gen AoMae1 (ortólogo de la MDH) en el hongo nematófago *Arthrobotrys oligospora*, encontrando que se encuentra estrechamente relacionado con la producción de conidios, ramificación de las hifas, formación de trampas, depredación de nematodos (ej. *Haemonchus contortus*) y la regulación la producción de algunos metabolitos secundarios como las artrobotrisinas.

Objetivo

Identificar y analizar la expresión relativa del gen AoMae1 asociado al desarrollo y producción de metabolitos secundarios en dos cepas de *Arthrobotrys spp* inducido por la exposición a larvas infectantes (L_3) de *H. contortus*

Materiales y métodos

Cultivo de hongos nematófagos: Dos cepas de HN pertenecientes a *Arthrobotrys oligospora* y *Arthrobotrys musiformis* fueron sembradas en medio líquido Czapek-Dox e incubadas durante 7 días a temperatura ambiente; tras el tiempo de incubación, fueron tomadas muestras de biomasa de cada hongo y almacenadas en tubos Eppendorf de 1.5 mL. El micelio restante fue transferido a agua estéril e incubado durante 7 días a temperatura ambiente; posteriormente, fueron tomadas muestras de biomasa y el micelio restante fue transferido a un medio de agua estéril enriquecido con larvas infectantes (L_3) de *Haemonchus contortus*, donde permanecieron 7 días más. Finalmente, fueron tomadas muestras de biomasa de cada hongo y almacenadas en tubos para su procesamiento.

Extracción de RNA: Las muestras de biomasa obtenidas se procesaron el mismo día de la cosecha. Primero, se llevó a cabo la extracción de RNA con el kit de TRIzol (Thermo Fisher Scientific, USA) siguiendo las instrucciones del fabricante. Despues, se realizó la síntesis de cDNA siguiendo el protocolo RT

PROMEGA Improm-II Reverse Transcription System (USA). Y, por último, se preparó la reacción de RT-qPCR.

Análisis de resultados: Una vez que todas las muestras de biomasa fueron analizadas mediante los ensayos del RT-qPCR, los datos obtenidos se evaluaron a través de la plataforma bioinformática de QIAGEN® RT² PCR Array Data Analysis para el análisis de la expresión relativa de los grupos experimentales, donde la plataforma realizó la normalización de los datos, el cálculo de la expresión relativa con el método ΔΔCt, y pruebas estadísticas como la T de Student.

Resultados y discusión

Una vez realizado el análisis de la expresión relativa en la plataforma GeneGlobe®, se obtuvieron los datos presentados en el Cuadro 1.

Cuadro 4 Análisis de la expresión relativa del gen AoMae1 en los hongos nematófagos *A. oligospora* y *A. musiformis*

Gen	AoA	AoT	AmA	AmT
	Fold Change	Fold Change	Fold Change	Fold Change
AoMae1	1.82	44.48**	26.32*	429.05***
β-tubulina	1.00***	1.00***	1.00***	1.00***

Nota. Grupo control: AoM/AmM (*Arthrobotrys oligospora/musiformis* creciendo en medio de cultivo Czapek Dox); AoA/AmA: *Arthrobotrys oligospora/musiformis* creciendo en agua; AoT/AmT: *Arthrobotrys oligospora/musiformis* creciendo en agua enriquecida con nematodos. ***=p<0.001; **=p< 0.01; * =p< 0.05.

Es posible observar que el gen AoMae1 asociado al desarrollo y metabolismo secundario de hongos nematófagos se encuentra más activo en *A. musiformis* desde que este es transferido a agua, donde se disminuye la fuente de nutrientes; del mismo modo, cuando el hongo es transferido al medio de agua enriquecida con larvas infectantes de *Haemonchus contortus* la expresión del gen aumenta más de 16 veces. Mientras que, en el hongo nematófago *A. oligospora* la expresión de este gen en el cultivo en agua, no es significativamente diferente al grupo control, pero sí lo es en agua enriquecida con nematodos, aunque en menor grado en comparación con *A. musiformis*.

A pesar de que no se ha llevado a cabo la evaluación de los filtrados de ambos hongos nematófagos en cada una de las etapas de crecimiento, la expresión del gen AoMae1 puede ser asociada a su actividad depredadora. Colinas-Picazo y colaboradores (2024), reportan que el porcentaje de depredación de *A. oligospora* sobre larvas L₃ de *Haemonchus contortus* es de 45.54% para la cepa estudiada en el presente trabajo, mientras que Pérez-Anzúrez y colaboradores (2022), reportaron un porcentaje de depredación de *A. musiformis* de 71.54%. Esto indica que *A. musiformis* es un mejor depredador y es posible asociar la expresión del gen AoMae1 con la liberación de metabolitos durante el proceso de atrapamiento de nematodos, lo que podría explicar porque la expresión relativa de AoMae1 es mayor y altamente significativa en *A. musiformis* que en *A. oligospora*.

Conclusiones

El gen AoMae1 se encuentra estrechamente relacionado con la actividad depredadora de dos cepas de *Arthrobotrys* spp., abriendo paso a un mejor entendimiento de los mecanismos de acción de los hongos nematófagos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al CONAHCYT por el proyecto: CF-2023-I-2309

Referencias bibliográficas

- Colinas-Picazo, A., Mendoza-de Gives, P., Pérez-Anzúrez, G., Gutiérrez-Medina, E., Bautista-García, G. A., Delgado-Núñez, E. J., & Olmedo-Juárez, A. (2024). Assessing the In Vitro Individual and Combined Effect of *Arthrobotrys oligospora* and *A. musiformis* (Orbiliales) Liquid Culture Filtrates against Infective Larvae of the Sheep Blood-Feeding Nematode *Haemonchus contortus* (Trichostrongylidae). En prensa.
- Liu, Y., Zhu, M., Wang, W., Li, X., Bai, N., Xie, M., & Yang, J. (2023). AoMae1 regulates hyphal fusion, lipid droplet accumulation, conidiation, and trap formation in *Arthrobotrys oligospora*. *Journal of Fungi*, 9(4), 496.
- Pérez-Anzúrez, G., Olmedo-Juárez, A., Von-Son de Fernex, E., Alonso-Díaz, M. Á., Delgado-Núñez, E. J., López-Arellano, M. E., ... & Mendoza-de Gives, P. (2022). *Arthrobotrys musiformis* (Orbiliales) kills *Haemonchus contortus* infective larvae (Trichostrongylidae) through its predatory activity and its fungal culture filtrates. *Pathogens*, 11(10), 1068.

**PRIMER REPORTE DE *Flavocillium subprimulinum* (CORDYCIPITACEAE) EN MÉXICO:
IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA Y ACTIVIDAD NEMATICIDA DE SUS FILTRADOS CONTRA
Haemonchus contortus.**

Gustavo Pérez-Anzúrez^{1,2}, Génesis Andrea Bautista-García¹, María Eugenia López-Arellano¹, Elke von Son-de Fernex, Miguel Ángel Alonso-Díaz, Adolfo Paz-Silva, Edgar Jesús Delgado-Núñez, Pedro Mendoza-de Gives^{1*}.

¹CENID-SAI, INIFAP, ²Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, UNAM.

*Autor para correspondencia: pedromdgives@yahoo.com

Palabras clave: Hongos nematófagos, control biológico, metabolitos.

Introducción

Los nematodos gastrointestinales (NGI) en pequeños rumiantes son de suma importancia debido a los daños que ocasionan en la salud de los animales y a las pérdidas económicas que conllevan. El nematodo *Haemonchus contortus* es uno de los NGI más relevantes para las unidades de producción de pequeños rumiantes en México; sus hábitos alimenticios hematófagos ocasionan pérdida de apetito, baja ganancia de peso, anemia, hipoproteinemia, entre otros signos clínicos (Flay et al., 2022). El método de control empleado tradicionalmente para el control de los NGI se basa en la administración de antihelmínticos, que atacan y reducen las fases adultas de los nematodos, aunque traen consigo desventajas como la contaminación del suelo y daños al ecosistema, la aparición de estos en productos y subproductos como carne y leche, así como la creciente aparición de resistencias de los parásitos a estos fármacos (Sands & Noll). Las desventajas del uso de antihelmínticos químicos han desencadenado la búsqueda de alternativas sustentables que mitiguen el uso desmedido de estos. Los hongos nematófagos (HN), son una excelente alternativa de control de NGI, debido a que son enemigos naturales y tienen distintos mecanismos de acción para atrapar y alimentarse de estos parásitos. Además, los HN son capaces de producir diversos metabolitos con actividad biológica contra bacterias, hongos y parásitos, entre otros. El hongo *Flavocillium subprimulinum* es un HN perteneciente a la familia Cordycipitaceae que ha sido recientemente descrito por Huang y colaboradores en el 2018; no obstante, su actividad biológica contra parásitos aún no ha sido evaluada.

Objetivo

Evaluar la actividad nematicida de los filtrados líquidos del hongo *Flavocillium subprimulinum* cultivado en 3 diferentes medios contra larvas infectantes de *Haemonchus contortus*.

Materiales y métodos

Aislamiento e identificación taxonómica

El aislamiento del hongo se llevó a cabo de un hongo a partir de una muestra de suelo agrícola de Tetela del Volcán, Morelos. La muestra fue sembrada en placas Petri con medio agar agua y los cultivos fueron observados diariamente en busca de estructuras características (verticilos, fiálides y conidios); las estructuras observadas asociadas con hongos verticilados fueron transferidas a placas estériles con agar Rosa de Bengala, repitiendo este proceso hasta obtener un aislado del hongo. La identificación se realizó con base en la medición y observación de estructuras como conidios, conidióforos, fiálides, entre otras, empleando claves de identificación y la bibliografía. La identificación morfológica fue corroborada mediante la extracción, secuenciación y análisis filogenético de una porción de las regiones ITS y TEF1-α.

Evaluación de la actividad nematicida de los filtrados líquidos

Para evaluar la actividad de los filtrados contra larvas infectantes de *H. contortus* (L_3), la cepa fue cultivada en tres diferentes medios líquidos: caldo papa y dextrosa (CPD); caldo camote y dextrosa (CCD); y caldo Czapek-Dox (CCzDox). Los cultivos líquidos fueron mantenidos en condiciones estáticas durante tres semanas a temperatura del laboratorio (18-25 °C). Posteriormente, los cultivos fueron filtrados a través de diferentes poros (25, 11, 2, 0.45 y 0.22 μm), para asegurar que fueran estériles y libres de las estructuras del hongo; además, fueron concentrados en rotavapor y secados completamente por liofilización. La confrontación larvas-filtrados fue llevada a cabo en placas de microtitulación de 96 pozos, colocando 50 μL de los filtrados reconstituidos en PBS (pH=7.2) a tres concentraciones (25, 50 y 100 mg/mL; n=4) y 50 μL contenido aproximadamente 100 L_3 ; además se colocaron 4 pozos conteniendo cada uno de los medios

sin el cultivo del hongo, para fungir como grupo control negativo. La confrontación se incubó durante 48 h a temperatura del laboratorio. La lectura del ensayo se realizó cuantificando las larvas vivas y muertas en el volumen total de cada pozo, empleando la motilidad como criterio de mortalidad de las larvas tras estimularlas con luz directa o con una aguja de metal. Los resultados fueron expresados como porcentaje de mortalidad larvaria de cada pozo. Un análisis de varianza fue realizado, además de la comparación múltiple de medias por el método de Tukey, comparando las medias de mortalidad entre las diferentes concentraciones ($\alpha=0.05$). Adicionalmente, una regresión logística para cada medio fue realizada mediante el método PROBIT para obtener las concentraciones letales 50 (CL₅₀) y 90 (CL₉₀).

Resultados y discusión

Un aislado de la especie *F. subprimulinum* fue obtenido de la muestra de suelo. La identificación morfológica mostró similitud de las estructuras de nuestra cepa con las cepas *F. primulinum*, *F. subprimulinum* y *F. bifurcatum*; sin embargo, el tamaño y forma de los conidios, fiáldes y conidióforos, nos permitió llegar a la conclusión de que nuestra cepa pertenece a la especie *F. subprimulinum*. Dicho diagnóstico fue sustentado por el análisis filogenético de las regiones descritas, donde se observó que nuestra cepa tiene un ancestro común con una cepa aislada de suelo en China (Wang et al., 2020).

Los resultados de la evaluación de la actividad nematicida mostraron un alto efecto de los filtrados contra las larvas L₃, superando el 90% de mortalidad larvaria al ser obtenidos del cultivo de *F. subprimulinum* en CPD y CCzDox; no obstante, del cultivo de CCD la mortalidad larvaria resultó menor que el 65%. Del mismo modo, las mejores CL₅₀ y CL₉₀ fueron encontradas den los medios CPD y CCzDox (Tabla 1), mostrando que este medio es ligeramente menos efectivo para la producción de compuestos con actividad larvicia contra *H. contortus*.

Cuadro 2. Mortalidad larvaria y concentraciones letales 50 (CL₅₀) y 90 (CL₉₀) resultantes de la confrontación durante 48 de *Haemonchus contortus* con filtrados líquidos de *Flavocillium subprimulinum* en diferentes medios y concentraciones.

Concentración (mg/mL)	Mortalidad (%; Media ± EE)		
	CPD	CCD	CCzDox
0	2.41 ± 1.48a	2.17 ± 1.69a	3.72 ± 2.58a*
25	29.89 ± 6.32b	16.07 ± 11.79c	58.44 ± 8.10a
50	74.95 ± 9.92a	21.01 ± 5.27b	77.99 ± 8.46a
100	94.43 ± 2.42a	64.00 ± 8.97b	95.82 ± 3.50a
CL ₅₀ (mg/mL) **	39.49	83.55	31.9
CL ₉₀ (mg/mL) **	68.48	142.65	62.63

*Letras diferentes dentro del mismo medio, indican diferencias significativas entre las concentraciones. **R²=0.92

Adicionalmente, fueron observadas al microscopio algunas larvas para identificar daños en ellas causados por los compuestos presentes en los filtrados. Las larvas observadas de los grupos tratados no mostraron ningún daño en la cutícula ni en la turgencia, como ha sido reportado en otros trabajos (Pérez Anzúrez et al., 2022); sin embargo, las larvas muertas, permanecieron rígidas, con perdida en la arquitectura celular del esófago, además de la aparición de algunas vacuolas en el interior de las larvas a lo largo del cuerpo.

Conclusiones

La cepa aislada se encuentra emparentada con las especies del género *Lecanicillium* y *Flavocillium* (anteriormente *Lecanicillium*), los cuales son HN asociados con actividad entomopatógena y ovicida contra nematodos fitopatógenos; no obstante, el presente trabajo demostró que esta especie es capaz de producir compuestos con alta actividad biológica contra larvas infectantes de *H. contortus*, un nematodo patógeno de animales. Por lo tanto, este hongo puede ser empleado como una alternativa de control parasitario, en busca de mitigar el uso de los antihelmínticos químicos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al CONAHCYT por brindar el financiamiento para el alumno de doctorado Gustavo Pérez Anzúrez, beca con número 786785. Al CENID-SAI del INIFAP por brindar las instalaciones, equipos y reactivos necesarios para desarrollar esta investigación.

Referencias bibliográficas

1. Flay, K. J., Hill, F. I., & Muguiro, D. H. (2022). A Review: *Haemonchus contortus* infection in pasture-based sheep production systems, with a focus on the pathogenesis of anaemia and changes in haematological parameters. *Animals*, 12(10), 1238.
2. Huang, S.; Maharachchikumbura, S.S.N.; Jeewon, R.; Jayarama, B.; Phookamsak, R.; Hyde, K.D.; Al-Sadi, A.M.; Kang, J. *Lecanicillium subprimulinum* (Cordycipitaceae, Hypocreales), a novel species from Baoshan, Yunnan. *Phytotaxa* 2018, 348, 99–108.
3. Pérez-Anzúrez, G., Olmedo-Juárez, A., Von-Son de Fernex, E., Alonso-Díaz, M. Á., Delgado-Núñez, E. J., López-Arellano, M. E., & Mendoza-de Gives, P. (2022). *Arthrobotrys musiformis* (Orbiliales) kills *Haemonchus contortus* infective larvae (Trichostronylidae) through its predatory activity and its fungal culture filtrates. *Pathogens*, 11(10), 1068.
4. Sands, B., & Noll, M. (2022). Toxicity of ivermectin residues in aged farmyard manure to terrestrial and freshwater invertebrates. *Insect Conservation and Diversity*, 15(1), 9-18.
5. Wang, Y. B., Wang, Y., Fan, Q., Duan, D. E., Zhang, G. D., Dai, R. Q., & Yu, H. (2020). Multigene phylogeny of the family Cordycipitaceae (Hypocreales): new taxa and the new systematic position of the Chinese cordycipitoid fungus *Paecilomyces hepiali*. *Fungal Diversity*, 103, 1-46.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN BACULOVIRUS RECOMBINANTE COMO VECTOR DE INMUNIZACIÓN PARA EL MOQUILLO CANINO EN MEXICO.

Mario Hidalgo-Ruiz^{1*}, Vianey Rámirez-Andoney², Amanda Gayoso-Vázquez² y Rogelio Alejandro Alonso-Morales^{2*}.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus II, Universidad Autónoma de Chiapas.

²Laboratorio de Genética Molecular, Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autores para correspondencia: mario.hidalgo@unach.mx; ralonsom@unam.mx

Palabras clave: Distemper canino, inmunógeno, vacuna recombinante, variantes mexicanas.

Introducción

El moquillo canino es una enfermedad frecuentemente fatal en cachorros y en varios carnívoros, es causada por el Virus de Distemper Canino (CDV, por sus siglas en inglés). Estudios recientes han identificado que las cepas del CDV que circulan en México forman un grupo genético altamente diferenciado conocido como América 3, lo que plantea retos en la eficacia del diagnóstico y los recursos de vacunación actuales. Las cepas vacunales de CDV utilizadas localmente se desarrollaron entre los años 1930 y 1950, pertenecen a los clados América 1 o 2, con diferencias genéticas relativamente altas (88-91% de identidad) en comparación con las cepas locales. Este hecho, aunado a una alta prevalencia de infecciones virales en perros vacunados (62%), sugiere que las vacunas utilizadas comercialmente en México pueden no proporcionar una protección efectiva a las cepas locales de CDV (Gayoso-Vázquez et al. 2024).

Por lo anterior, es importante desarrollar inmunógenos novedosos que contengan las variantes genéticas y antigénicas de las cepas circulantes para mitigar la propagación del CDV y proteger eficazmente a las poblaciones caninas contra las cepas actuales. Los baculovirus son virus de insectos que se emplean como vectores de expresión genética, transferencia de genes y vectores vacunales gracias a su gran bioseguridad, capacidad de clonación, baja citotoxicidad y naturaleza no replicativa en células transducidas, así como su relativa facilidad de manipulación y producción.

En este trabajo se construyó y evaluó como vehículo de inmunización hacia distemper canino un baculovirus recombinante que tiene clonado y expresa el gen de la Hemaglutinina de una cepa CDV local. También se demuestra su capacidad para inducir anticuerpos que reconocen a la hemaglutinina expresada en diferentes cepas de CDV.

Objetivo

Construir y evaluar la inmunogenicidad en ratones de un baculovirus recombinante (A3HCDV) que expresa la hemaglutinina de una cepa local del Virus de Distemper Canino.

Materiales y métodos

En nuestro laboratorio se construyó un baculovirus como vector de inmunización (pFBM-A3) con promotores duales que expresan antígenos recombinantes tanto en células de insecto como en células de mamíferos. Además, este vector presenta el gen reportero EGFP que permite su fácil cuantificación viral. En este vector se clonó el gen de la hemaglutinina del CDV proveniente de una variante local (Genbank: KT266736), dando al baculovirus recombinante A3HCDV.

El baculovirus A3HCDV fue propagado en células de insecto SF9 en medio Sf-900™ II (Gibco, USA) a 27 °C en agitación a 80 rpm por 96 horas y posteriormente, fue concentrado por centrifugación. Las cepas locales CDV UNAM1 y UNAM2 se cultivaron en células VERO por 69 hrs, estas fueron cosechadas y precipitadas con polietilenglicol (PEG).

Para evaluar la expresión de la Hemaglutinina recombinante en el baculovirus A3HCDV, se efectuó un Western Blot (WB) en el que se separaron por SDS-PAGE 10% antígenos de viriones purificados de dos cepas locales de CDV (UNAM1 y UNAM2) y de dos lotes del baculovirus A3HCDV (BL1 y BL2). Para la detección de los antígenos se usó un antisiero de conejo para la cepa UNAM1.

Para evaluar la capacidad del baculovirus A3HCDV de inducir la producción de anticuerpos contra CDV, se inmunizaron en dos ocasiones (cada 14 días) seis grupos de seis ratones con diferentes cantidades del baculovirus y en un esquema prime-boost (IM): G1.- 1E+8 copias; G2.- 1E+9 copias; G3.- 1E+10 copias;

G4 (prime-boost) 1a aplicación 1E+8 copias, 2a aplicación 1E+8 CDV Lederle; G5.- 1E+8 CDV Lederle, 2 aplicaciones (control positivo); G6 PBS (control negativo). A los 35 días se obtuvo el suero y se determinaron los niveles de anticuerpos para CDV mediante ELISA. Además, se realizó un WB con el suero de los ratones del grupo 3 para evaluar la capacidad de los anticuerpos de reconocer la hemaglutinina en el baculovirus y en el Virus de Distemper Canino.

Resultados

Se logró la clonación del gen de la hemaglutinina del CDV de una cepa local en el vector pFBM-A3, la construcción del baculovirus se denominó A3HCDV y el mapa genético de esta se muestra en la Figura 1. El antisero de conejo para la cepa UNAM1 detectó antígenos de las cepas locales de CDV y de ambos lotes del baculovirus A3HCDV, demostrando la expresión de la hemaglutinina en este sistema (Figura 2).

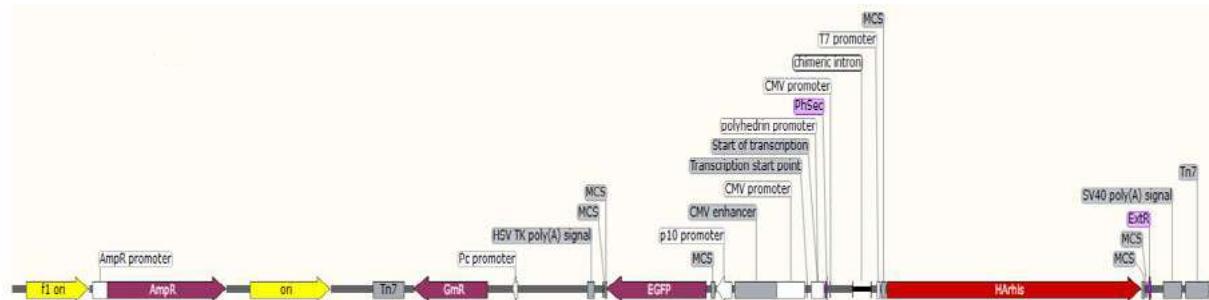


Figura 1. Estructura genética del vector de inmunización A3HCDV.

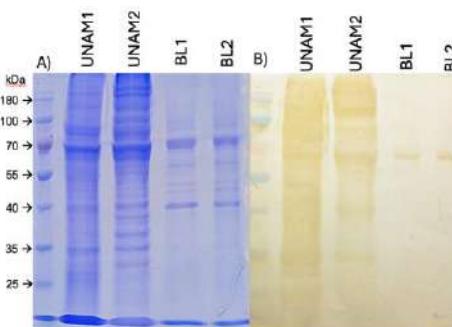


Figura 2. El baculovirus A3HCDV expresa la Hemaglutinina recombinante de CDV. A) Electroforesis SDS-PAGE de los viriones de dos cepas del CDV (UNAM1 y UNAM2) y el baculovirus A3HCDV (lotes BL1 y BL2); B) Western Blot empleando un antisero de conejo para CDV. Se aprecia en los carriles BL1 y BL2 como es reconocida la Hemaglutinina recombinante con un peso molecular de 68 kDa.

La respuesta inmunológica en los ratones fue dependiente de la dosis empleada del baculovirus, se observó que, a mayor título viral empleado en el inóculo, mayor fue el título de anticuerpos generado. En la Figura 3 se muestra la titulación por ELISA de los anticuerpos presentes en el suero (pool) de cada grupo de ratones inmunizado contra diferentes antígenos. En la placa sensibilizada con A3HCDV, el pool del grupo inoculado con 1×10^8 (Grupo 1), no generó anticuerpos apreciables al mostrar absorbancias similares al control negativo. La estrategia Prime-Boost fue la más eficiente, en comparación a los demás grupos (Figura 3, panel A). Resultados muy similares se obtuvieron al enfrentar los sueros con antígenos virales de la cepas mexicana UNAM1 y la cepa vacunal Lederle de CDV (Figura 3, paneles B y C respectivamente). Finalmente, se demostró que los anticuerpos generados en los ratones reconocen la hemaglutinina en el baculovirus (A3HCDV) y en distintas cepas de CDV (Figura 4).

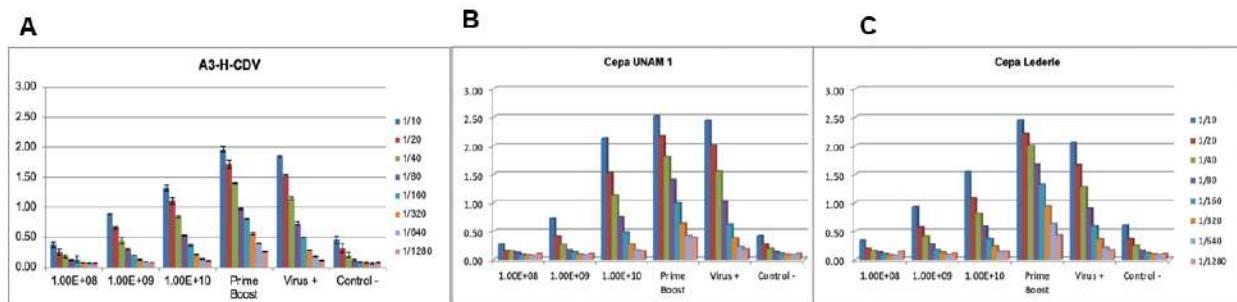


Figura 3. Titulación de anticuerpos de los ratones inmunizados con el baculovirus A3HCDV.
Ensayos de ELISA con los sueros de los ratones del grupo 4 reconocen los antígenos del baculovirus A3HCDV (A) y los de las cepas virales CDV UNAM1 (B) y Lederle (C).

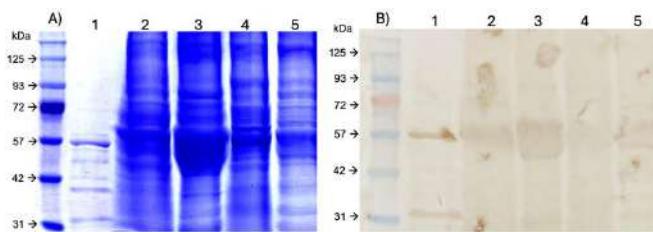


Figura 4. Identificación de la hemaglutinina en el baculovirus y en el Virus de Distemper Canino.
A) SDS-PAGE al 10%. B) Western Blot empleando el pool de sueros de los ratones del grupo 3;
1.- A3HCDV; 2.- UNAM1; 3.- UNAM2; 4.- Onderstepoort; 5.- Lederle.

Discusión

Se ha reportado que las vacunas comerciales para CDV no protegen de forma eficiente permitiendo que el virus local se propague persistentemente en individuos vacunados. Esto se debe en gran medida a que las variedades locales circulantes del CDV son divergentes genéticamente y antigenicamente de las variedades vacunales (Gayosso-Vazquez, et al. 2024). Con la intención de obtener un vehículo de inmunización para proteger más eficientemente a la población canina contra el CDV se construyó un baculovirus recombinante que expresa la hemaglutinina de una cepa local de CDV, tanto en células de insecto como en las células de los individuos inmunizados. El uso de baculovirus como vectores de inmunización puede ofrecer ciertas ventajas (Hong, et al., 2023). Son fáciles de producir, alcanzando altos títulos ($8.E+11$ copias/ml). El baculovirus como inmunógeno tiene una alta estabilidad, se puede purificar el virión por centrifugación alcanzando una alta pureza antigenica. Igualmente, no se requiere de adyuvantes en su administración, así como la posibilidad de emplearlo en inmunización mucosal. Casi el 90% de los patógenos de importancia médica y en veterinaria infectan a través de las mucosas respiratoria, entérica y genital. Las vacunas mucosales tienen el potencial de limitar la infección a nivel de la mucosa e inhibir la transmisión del patógeno.

Conclusiones

En resumen, la inmunización en ratones con el baculovirus A3HCDV generó la producción de anticuerpos hacia la hemaglutinina, con una clara relación dosis-respuesta. La estrategia de inmunización Prime-Boost demostró ser la más eficiente, aunque la dosis del A3HCDV empleada por sí sola no alcanzo a generar anticuerpos, lo que muestra la efectividad del esquema prime-boost. Estos estudios indican que el empleo como vector de inmunización del baculovirus A3HCDV tiene un gran potencial para proteger contra el distemper canino que circula en México. Se en progreso verificar que los anticuerpos generados en los individuos inmunizados son neutralizantes y proseguir hacia pruebas clínicas en perros.

Referencias bibliográficas

1. Gayosso-Vázquez et al. 2024. Canine distemper virus genetic variation in Mexico. J. Gen. Vir. Submitted.
2. Hong, Q., Liu, J., Wei, Y., & Wei, X. (2023). Application of Baculovirus Expression Vector System (BEVS) in Vaccine Development. Vaccines, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/vaccines11071218>

SEROPREVALENCIA DE DVB, IBR, LEB, PI3 Y VRSB EN MÉXICO: PRIMERA APROXIMACIÓN PARA IMPLEMENTAR ESTRATEGIAS DE MONITOREO Y CONTROL.

Ana Delia Rodríguez- Cortez^{1*}, Lucía Eliana Rangel- Porta¹, Arantzatzu Lassala- Irueste¹, Rogelio Alejandro Alonso-Morales² y Carlos Guillermo Gutiérrez- Aguilar¹

¹Departamento de Reproducción, FMVZ-UNAM, ²Departamento de Genética y Bioestadística FMVZ-UNAM

*Autor para correspondencia: anadeliardzc@fmvz.unam.mx

Palabras clave: Bovinos, enfermedades virales, anticuerpos.

Introducción

El 93% de la ganadería bovina en México está destinada a la producción de carne y el restante a la producción de leche. Con una exportación de más de 1.1 millones de becerros anualmente, México se encuentra entre los 6 países de América Latina que contribuyen con el 40% de las exportaciones totales de carne bovina al mercado internacional. En general, se ha reportado que las enfermedades que afectan al sector ganadero ocasionan una pérdida aproximada del 20% en la producción, por lo que es de suma importancia proteger la salud y el bienestar animal, mediante programas de vigilancia y control epidemiológicos.

Trabajos previos han determinado la presencia ubicua de diarrea viral bovina (DVB), rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), leucosis enzootica bovina (LEB), parainfluenza 3 (PI3) y virus respiratorio sincitial bovino (VRSB) en los hatos ganaderos de México, con altas prevalencias. Sin embargo, no existen diagnósticos situacionales que informen el contexto epidemiológico a nivel nacional, ni estudios que evalúen su impacto económico. Debido a la merma en la productividad y a las repercusiones comerciales negativas de estas enfermedades reportados en otros países, la tendencia a nivel mundial se dirige hacia su control o erradicación. Además, las afectaciones potenciales de las enfermedades endémicas en los tratados comerciales, que pueden incluir restricciones a la movilización de animales, semen o embriones por la creación de nuevas legislaciones para restringir el comercio parecen ir en aumento. Establecer un diagnóstico situacional como punto de partida para implementar estrategias de monitoreo es por lo tanto vital para México.

Objetivo

Determinar los niveles de seroprevalencia aparente para las infecciones causadas por los virus de DVB, IBR, LEB, PI3 y VRSB en el territorio nacional a través de un sistema de diagnóstico múltiple de alta eficiencia (xMAP de Luminex®). Se hipotetizó que las cinco enfermedades se encontrarían en rangos de meso- a holoendémicos, ya que la vacunación en el ganado bovino mexicano para dichas enfermedades no supera al 18% a nivel nacional. De igual forma, se evaluaron factores ambientales y de producción que pudieran predisponer a una mayor seropositividad, y se realizaron análisis de interpolación geoespacial para ubicar zonas de altos niveles de endemia.

Materiales y métodos

Se desarrolló y validó un inmunoensayo en la plataforma xMAP de Luminex®, utilizando antígenos virales completos de IBR y VRSB, y antígenos recombinantes de las proteínas E2 de DVB, gp51 del virus de LEB y HN del virus de PI3. Los puntos de corte para el ensayo se establecieron utilizando un análisis ROC. Se calcularon las áreas bajo la curva (AUC), la sensibilidad, la especificidad, la selectividad, la reproducibilidad (R), la repetibilidad (r), y el Likelihood ratio positivo (LR+) para cada uno de los antígenos utilizados, siguiendo los criterios de aceptación nacionales e internacionales.

Se utilizaron 2686 muestras de suero de bovinos en pastoreo mayores a 2 años, clínicamente sanos, no vacunados, provenientes de 30 estados de México (430 municipios). El cálculo del tamaño de muestra consideró la población de bovinos dentro de cada estado y el tamaño de los hatos. El territorio mexicano fue zonificado en 5 regiones ganaderas (norte, golfo, centro, península y pacífico), considerando la cercanía geográfica, y las condiciones agroecológicas y prácticas de manejo similares. Las seroprevalencias fueron analizadas por regresión logística y se calculó el riesgo relativo (RR) para temperatura, humedad y clima, así como fin zootécnico, edad de los animales, tipo de servicio, estacionalidad del empadre y tipo de pastoreo. Los niveles de endemia se establecieron como holoendemia cuando la prevalencia en la

población superó el 75%, hiperendemia entre 50 y 75%, mesoendemia entre 10 y 50%, e hipoendemia cuando la prevalencia fue menor al 10%. Para el análisis de interpolación geoespacial de la prevalencia se utilizó una prueba de Kriging simple.

Resultados

En este estudio se desarrolló y validó una metodología diagnóstica múltiple de uso masivo para DVB, IBR, LEB, PI3 y VRSB. El análisis ROC arrojó sensibilidades de 96.43% a 100%, especificidades de 93.1% a 98.8%, LR (+) de 19 a 83, y coeficientes de variación calculados por la reproducibilidad del ensayo (R) entre 4.93% y 20%, de repetibilidad (r) entre 3.25% y 6.39% y áreas bajo la curva (AUC) superiores a 0.97 (IC 95% 0.95-1.0). Esto indica que el ensayo serológico quíntuple cumple con la normativa necesaria establecida para métodos diagnósticos y tiene la capacidad de discriminar animales seropositivos. Se realizó además un ensayo de inhibición de la unión que confirmó la selectividad de la prueba.

Las Frecuencias de seropositividad para DVB, IBR, LEB, PI3 y VRSB en cada zona ganadera de la república mexicana y sus respectivos IC 95% se presentan en el Cuadro 1. No se observaron diferencias estadísticas entre regiones:

Cuadro 1.

	DVB	IC	IBR	IC	LEB	IC	PI3	IC	VRSB	IC
Prevalencia/zona	(%)	(inf-sup)								
Norte	50.6	0.42- 0.61	36.1	0.30- 0.44	42.3	0.35- 0.51	47.8	0.40- 0.58	49.3	0.41-0.60
Pacífico	57.6	0.49- 0.67	37.4	0.32- 0.44	53.6	0.46- 0.63	51.2	0.44- 0.60	58.8	0.50- 0.69
Centro	46.9	0.40- 0.55	31.1	0.26- 0.37	45.2	0.38- 0.53	44.2	0.37- 0.52	51.2	0.43-0- 60
Golfo	58.3	0.47- 0.73	34.6	0.27- 0.44	43.3	0.35- 0.54	52.9	0.42- 0.66	51.2	0.41-0.64
Península	44.2	0.32- 0.60	30.2	0.22- 0.42	32.0	0.23- 0.45	40.1	0.29- 0.55	47.7	0.35-0.65
Generales	51.5		33.9		43.3		47.2		51.6	

El color se asocia al nivel de seroprevalencia: **mesoendemia** e **hiperendemia**

El análisis de los factores mostró que las seroprevalencias más altas se encuentran en los ambientes húmedos (rangos de 39 a 60% vs 20 a 30%), con riesgos relativos mayores que en los ambientes áridos o muy áridos (1.13 a 1.16 vs 0.52 a 0.88, respectivamente). De igual forma, el empadre continuo se asoció con seroprevalencias (35 a 55%) y RR mayores (1.37 a 1.96) en comparación con el empadre estacional (seroprevalencias 18 a 40% y RR 0.51 a 0.73) ($p \leq 0.05$). Las asociaciones de seroprevalencia y RR para las variables fin zootécnico, número de parto, clima, temperatura, sistema de pastoreo y tipo de servicio no fueron estadísticamente diferentes ($p > 0.05$)

El análisis de interpolación geoespacial de Kriging expuso que la zona con mayor seropositividad se encontró en la zona norte de Oaxaca y sur de Veracruz.

Discusión y conclusiones

El ensayo quíntuple desarrollado y validado en este estudio cumple con las características para el diagnóstico simultáneo de DVB, IBR, PI3, VRSB y LEB, proporcionando una herramienta útil para determinar el estado sanitario para estas enfermedades en los hatos bovinos. Los niveles de seropositividad de mesoendemia a hiperendemia encontrados para las cinco enfermedades a nivel nacional subrayan la importancia de iniciar una vigilancia activa, con el objetivo de establecer programas de control o erradicación. Asimismo, es crucial realizar estudios para evaluar los impactos económicos de estas enfermedades en la producción bovina. Los niveles de endemia observados en este trabajo son similares a los encontrados en otros países de América Latina en los que no se llevan a cabo medidas de control. Estos resultados resultan preocupantes, particularmente cuando se considera que pueden

representar una limitante para el comercio internacional. De hecho, los principales socios comerciales de México, como Canadá y Estados Unidos han comenzado ya con estrategias para conocer sus niveles de endemia, con miras a iniciar programas de control.

Para implementar las estrategias de monitoreo y control en México debe tenerse en cuenta que, en el caso de DVB es esencial el empleo de vacunas efectivas, la segregación de animales altamente positivos, y detectar a los animales persistentemente infectados, que alcanzan hasta un 3% en los hatos y representan el principal reservorio viral dentro de los sistemas productivos. Para IBR, deben emplearse vacunas marcadoras efectivas (DIVA) con el fin de proteger a los fetos, segregarse a los animales positivos que permanecen como portadores sanos, y mitigar las consecuencias económicas de la infección causadas por los abortos. En relación con la LEB las medidas de control no son sencillas, debido a que se carece de vacunas efectivas, y se trata de un retrovirus que, al estar presente como provirus insertado en el ADN de las células linfocitarias, conduce a infecciones persistentes. Adicionalmente, las manifestaciones clínicas de esta enfermedad ocurren tardíamente (entre 1 y 5 años) y solamente entre el 0.1 y el 10% de los animales infectados manifiestan linfosarcoma. Los mecanismos de control deben dirigirse por lo tanto al monitoreo de la seropositividad y a la determinación de cargas provirales para priorizar la segregación y el sacrificio de los animales con mayores cargas infecciosas. Es necesario, asimismo, dirigir la investigación al desarrollo de vacunas eficientes. Finalmente, pese a que la PI3 y el VRSB son infecciones consideradas de morbilidad alta y letalidad baja, su considerable impacto económico deriva de su persistencia en los hatos bovinos y de las infecciones secundarias. Es importante por lo tanto fomentar la vacunación y separar a los animales altamente positivos.

Por otra parte, la alta humedad ambiental asociada con un mayor riesgo relativo de seropositividad hacia las cinco enfermedades dirige la atención hacia las zonas costeras de México. De igual manera, el análisis geoespacial mostró una alta coincidencia entre los cinco antígenos, con una gran probabilidad de títulos altos de seropositividad en la zona norte de Oaxaca y sur de Veracruz, colocando a esta región como un sitio de importancia para iniciar con programas de control de las enfermedades endémicas. Por otra parte, el aumento del riesgo relativo asociado al empadre continuo en comparación con el empadre estacional es también importante, ya que el 97% de los hatos en México utilizan este tipo de empadre.

Referencias bibliográficas

1. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). (2002). AOAC Guidelines for single laboratory validation of chemical methods for dietary supplements and botanicals (pp. 1–38). www.AOAC.org.
2. EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare) (2017). Bovine viral diarrhoea (BVD). EFSA Journal 2017;15(8):4952, 45 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4952>.
3. EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare). (2015). Scientific opinion on enzootic bovine leukosis. EFSA Journal 2015;13(7): 4188, 63 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4188.
4. Lassala, A., Hernández-Cerón, J., Pedernera, M., González-Padilla, E., & Gutiérrez, C. G. (2020). Cow-calf management practices in Mexico: Reproduction and breeding. Veterinaria Mexico, 7(1). <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2020.1.839>.
5. Rodriguez A, Alonso-Morales RA, Lassala A, Rangel P L, Ramírez-Andoney V, Gutierrez CG. Development and validation of a pentaplex assay for the identification of antibodies against common viral diseases in cattle. Access Microbiol. 2023 Oct 17;5(10):000511.v3. doi: 10.1099/acmi.0.000511.v3. PMID: 37970075; PMCID: PMC10634487.

DESARROLLO Y ESTANDARIZACIÓN DE ANTÍGENOS PARA EL DIAGNÓSTICO SEROLÓGICO DE LA SALMONELOSIS Y BRUCELOSIS EN CERDOS INFECTADOS EXPERIMENTALMENTE.

Jesús Vázquez-Navarrete^{1*}, Víctor Tenorio-Gutiérrez¹

¹CENID Salud Animal e Inocuidad, INIFAP

*Autor para correspondencia: vazquez.jesus@inifap.gob.mx

Palabras clave: Antígenos, *Salmonella cholerae-suis*, *Brucella suis*.

Introducción

En porcinos *S. cholerae-suis*, y otros serotipos del género *Salmonella*, produce efectos clínicos con alta morbilidad y mortalidad, caracterizada en su fase septicémica. La diarrea es común en las maternidades, destetes y en cerdos en finalización. Por otro lado, las infecciones subclínicas por *Salmonella*, pueden generar pérdidas de hasta 18 kilogramos de peso por cerdo al año, mientras que la infección crónica puede producir mermas importantes en todo un lote de finalización. En países del norte de Europa, la tasa de *Salmonella spp* es aproximadamente de un 1%, que se registra en la carne de cerdo fresca producida (1). En México, se han reportado aislamientos del serotipo *S. cholerae-suis*, *S. enteritidis* y *S. typhimurium* a partir de muestras de hígado y heces en cerdos de varias edades (3). En el Estado de México, se ha encontrado una seroprevalencia del 6.5% de *S. typhimurium* (2).

La brucelosis porcina es una enfermedad causada por *Brucella suis*, la cual presenta 5 biotipos, de las cuales, sólo generan la infección en cerdos los biotipos 1, 2 y 3. La bacteria es un cocobacilo gram-negativo e intracelular facultativo, en México existe poca infección sobre la infección, por este género bacteriano.

La salmonelosis y la brucelosis son de las zoonosis bacterianas más importantes que afectan al humano, la Dirección General de Epidemiología reporta anualmente una incidencia 690 casos brucelosis en humanos y 20,259 casos de salmonelosis, donde los serotipos que con frecuencia se aislan de animales y humanos son: *S. enteritidis* *S. typhimurium* y *S. cholerae-suis* de (5).

Considerando lo mencionado anteriormente se desarrollaron y estandarizaron antígenos para pruebas de aglutinación en placa para cada microorganismo.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar y estandarizar antígenos para pruebas serológicas de aglutinación, que sean sensibles y específicas, para determinar la presencia de anticuerpos contra tres serotipos patógenos del género *Salmonella* y otro para *Brucella suis*, probados en cerdos infectados experimentalmente.

Materiales y métodos

Preparación de antígenos. Se utilizaron cepas previamente estudiadas y analizadas bioquímicamente. Las cepas fueron: *S. cholerae-suis* (CENID-M98), *S. enteritidis* (CENID-MA5), *S. typhimurium* (CENID-M02) y *B. suis* ATCC (American Type Culture Collection). Dichas cepas se utilizaron para elaborar los antígenos y la infección experimental de los cerdos en condiciones controladas.

Los cultivos de *Salmonella* se sembraron en tubos de ensaye de 50 ml, conteniendo agar soya tripticaseina (AST), y agar brucella para *B. suis*. Se incubaron 24 horas a 37°C para *Salmonella* y para *B. suis* 72 h a 37°C. Posteriormente los cultivos se suspendieron con solución salina estéril (SSE) y se inocularon 5 ml del cultivo, en botellas de Roux contenido AST. Se incubaron 24 horas a 37°C y después el cultivo fue cosechado agregando 30 ml de SSE y fue vertida toda la cosecha en un matraz estéril 1000 ml. Las bacterias del género *Salmonella* se tiñeron con 50 mg de sulfato ferroso y de azul de tetrazolium al 0.1%. Posteriormente la suspensión bacteriana fue inactivada y desflagelada con etanol al 100%. Las bacterias se centrifugaron a 6,000 rpm durante 30 min., finalmente el paquete celular se resuspendió en SSE con fenol al 5% a un pH de 6.8. ajustando una concentración celular del 4%. El antígeno de *B. suis* fue cosechado en aproximadamente 1000 ml de SSE con formol al 1%, se centrifugaron las células a 6,000 rpm por 30 min. y las bacterias se tiñeron con 50 mg de rosa de bengala y finalmente la biomasa antigénica fue suspendida en SSE al 8% (4,6).

Infección experimental de cerdos. Se utilizaron las siguientes cepas de referencia para el estudio, *S. cholerae-suis* (CENID-M98), *S. enteritidis* (CENID-MA5), *S. typhimurium* (CENID-M02) y *B. suis* ATCC (American Type Culture Collection), para la infección experimental de los animales y preparación de los

antígenos. Se infectaron en una unidad de aislamiento 50 cerdos de 6 semanas de edad obtenidos de una granja libre de salmonella, formando cinco grupos de diez animales cada uno, y fueron infectados con una dosis 1×10^9 UFC/1ml por vía oral, quedando de la siguiente manera: grupo 1, *S. cholerae-suis*; grupo 2, *S. enteritidis*; grupo 3, *S. typhimurium*, grupo 4, *B. suis* y el grupo 5 se trató con 1 ml de PBS al 1X. Todos los cerdos fueron sangrados de la vena cava anterior en la parte baja del canal yugular y muestreados con hisopos rectales 8 días antes del tratamiento. Posteriormente todos los animales se muestrearon a los 7, 14, 21, 28 y 35 días posinfección.

Aislamiento bacteriológico

Hemocultivo. Se inocularon 3 ml de sangre completa en medio doble Ruíz Castañeda de manera aséptica, el medio bifásico se mezclo, inclinando el frasco suavemente para impregnar la fase sólida del medio y se incubó a 37°C en posición vertical por tres semanas. Los hemocultivos se revisaron diario los primeros 8 días. Los hemocultivos que presentaron algún crecimiento de colonias transparentes fueron resemebrados en medios selectivos para bacterias del género *Salmonella* y *Brucella*. Posteriormente las bacterias aisladas de cada grupo de cerdos infectados, fueron corroboradas por tinción de Gram, pruebas bioquímicas y serológicas. Los hemocultivos que no presentaron crecimiento de colonias se mantuvieron hasta por 3 semanas y después se consideraron negativos (4).

Cultivo a partir de heces.

Las muestras de heces obtenidas con hisopos de carbón activado en cada uno de los seis muestreos fueron sembradas en Agar MacConkey, Salmonella-Shigella y Sulfito de Bismuto. Los cultivos se incubaron 24 h a 37°C y posteriormente fueron separadas las colonias lactosa negativas y colonias con presencia de ácido sulfídrico. Las bacterias aisladas de cada grupo de cerdos infectados, fueron corroboradas por tinción de Gram, pruebas bioquímicas y serológicas, finalmente las bacterias se conservaron en medio de mantenimiento.

Pruebas de aglutinación rápida en placa con 2-β-mercaptopoetanol

Utilizando los antígenos preparados de *S. cholerae-suis*, *S. enteritidis*, *S. typhimurium* y *B. suis*, se realizó una prueba de aglutinación directa para un diagnóstico presuntivo. La pruebas se realizaron sobre una placa de vidrio o de acrílico rectangular (30 X 20 cm.) dividida en cuadros (3 X 3 cm.), donde se depositaron 30 µl de suero problema y en seguida se agregan 30 µl de del antígeno sobre cada una de las muestras. Se mezclaron perfectamente con una manija de acero inoxidable o palillos de madera y la placa se sometió a movimientos oscilatorios suaves durante 3 min. Después la lectura se realizó sobre un transiluminador de luz blanca para observar la presencia de aglutinaciones. La presencia de grumos finos indicó que hubo una reacción positiva y se interpretó por el grado de aglutinación (**Tabla 1**). Se utilizaron sueros controles positivos para corroborar las aglutinaciones de los sueros problema. Todos los sueros que fueron positivos a un grado de aglutinación se sometieron a una prueba complementaria con una solución de 2-β-mercaptopoetanol (2-β-ME) al 0.2 mol/L que romper los puentes de desulfuro de la IgM que es una molécula pentamérica que se encuentra en el suero como una respuesta temprana a un agente infeccioso. La aglutinación se reportó como: 1:25, 1:50, 1:100, 1:200 a partir de la dilución más baja a la más alta. Este procedimiento es recomendado para conocer los títulos de anticuerpos, considerando que títulos superiores a 1:200 son presuntivos de infección. Esta prueba se realizó con todos de cerdos infectados con los tres serotipos del género *Salmonella* y con los cerdos infectados con *B. suis* (**Tabla 2**).

INTERPRETACIÓN DE LA PRUEBA DE AGLUTINACION EN SUEROS DE CERDOS

Grado de aglutinación	+	++	+++	++++
Antígeno liso (<i>B. suis</i>)	Sospechoso	Sospechoso	Positivo	Positivo
Antígeno liso (<i>S. choleraesuis</i>)	Sospechoso	Sospechoso	Positivo	Positivo

Tabla 1. Grado de aglutinación de los antígeno: *B. suis* y *S. choleraesuis* con sueros de cerdos infectados

Resultados y discusión

Se analizaron todos los sueros obtenidos durante los cinco muestreos, así como el sangrado basal de todos los cerdos con los antígenos preparados de *S. cholerae-suis*, *S. enteritidis*, *S. typhimurium* y *B. suis*. Los resultados de los cinco muestreos posinfección fueron los siguientes: El grupo 1 que fue infectado con *S. cholerae-suis* a partir del segundo muestreo fueron entre el 90 y 100% positivos. Los animales del grupo 2, infectados con *S. enteritidis* en el primer muestreo fueron positivos el 80%, posteriormente el 100%. El

grupo 3 infectado con *S. typhimurium*, todos fueron positivos (100%) desde el primer muestreo, sin embargo, dos animales murieron en el transcurso del experimento. El último grupo 4 infectado con *B. suis* el 100% fueron seropositivos a partir del segundo muestreo. Todos los animales del grupo 5 control, fueron negativos a las pruebas de aglutinación durante todos los muestreos. Se logró el aislamiento de *Salmonella spp* y *B. suis* de todas las muestras obtenidas de sangre y de heces se recuperó la bacteria en el 50% de los animales infectados con *S. cholerae-suis*, *S. enteritidis*, *S. typhimurium*, mientras que solo el 30% de cerdos infectados con *B. suis*.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en este trabajo, se concluye que los antígenos desarrollados y evaluados con dos pruebas de aglutinación fue posible determinar la presencia de anticuerpos contra tres serotipos patógenos del género *Salmonella* y contra *B. suis* en el suero de animales infectados experimentalmente.

INTERPRETACIÓN DE LA PRUEBA EN PLACA TRATANDO LOS SUEROS CON 2-β-MERCAPTOETANOL AL (0.4 M)

Diluciones del suero	1.25	1:50	1:100	1:200	1:400
Antígeno liso (<i>B. suis</i>)	Sospechoso	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
Antígeno liso. (<i>S. choleraesuis</i>)	Sospechoso	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo

Tabla 2. Suero de cerdos tratados con 2-β-mercaptopropanoalcohol en dilución en placa.

Referencias bibliográficas

- Carreón NR., Rodríguez GR., Doporto DJM., Trujillo ME., Díaz RC y García RA. 2001. Interacción del síndrome respiratorio y reproductivo del cerdo (PRRS) y *Salmonella cholerae-suis*. XXXVI Congreso AMVEC, Querétaro.
- Miranda FL. 1999. Elaboración de un antígeno de *Salmonella cholerae-suis* para el diagnóstico serológico de la salmonelosis en cerdos. Tesis de licenciatura. UAEH
- Rodríguez BJ., Álvarez FM., Valle PR., Vargas MJ. 2001. Estudio epidemiológico de salmonelosis en cerdos de engorda en una granja comercial del estado de Yucatán. XXXVI congreso AMVEC, Querétaro
- Ruiz Castañeda M. 1954. Brucellosis un Problema Universal. La prensa Médica Mexicana, S. A. México D. F
- DGE, 2024. Sistema Nacional de Epidemiología, vigilancia epidemiológica semana 28. Secretaría de Salud. México D.F.
- Vázquez NJ., Velázquez QF., Mancera MA. 1992. Elaboración de un antígeno específico para el diagnóstico de *Brucella canis*. XXIII Congreso Nacional de AMVEPE, Acapulco, Guerrero.

DETECCIÓN LÍTICA DE BACTERIÓFAGOS CONTRA BACTERIAS MULTIRRESISTENTES AISLADAS DE SEMEN DE GANADO BOVINO.

Gema Zaharina Vidaca-Valdez¹, Oscar Alejandro Patrón-López², Josefina León-Félix³, Miguel Ángel Rodríguez-Gaxiola⁴, Nohemí Castro-Del Campo⁵, Soila Maribel Gaxiola-Camacho⁶, Claudia Leonor Barraza-Tizoc⁷, Higinio Cepeda Quintero⁸, Idalia Enríquez-Verdugo^{9*}

1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa.

³ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, unidad Culiacán, Sinaloa.

*Autor para correspondencia: enver@uas.edu.mx

Palabras clave. Bacterias multirresistentes, bacteriófagos, semen de bovino.

Introducción

En el ámbito de la medicina veterinaria y zootecnia la reproducción juega un papel importante para garantizar la eficiencia de la producción animal, es por esto la búsqueda de técnicas reproductivas como la inseminación artificial, pues en los últimos años ha ido en aumento la mejora de la calidad del semen congelado, lo cual nos deja el cuestionamiento sobre el control efectivo de los microorganismos en el semen del ganado bovino; la identificación y control de agentes bacterianos contaminantes del semen bovino, así como las técnicas de dilución y preservación de este, han sido objeto de numerosas investigaciones (Giono-Cerezo *et al.*, 2020). En las explotaciones la sanidad el manejo a realizar es un punto muy importante y eso incluye a la reproducción animal, pues la recolección de semen en especies de animales de granja es un procedimiento que está lejos de ser estéril (un rancho común no cuenta con las instalaciones adecuadas para llevar a cabo este procedimiento adecuadamente) (Calero, *et al.*, 2019). Dentro de los agentes bacterianos presentes en semen de bovinos post congelado descritos en Pakistán, se destacan *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus epidermidis* y *Staphylococcus intermedius*, dichos aislados con resistencia a trimetoprim con sulfametoxazol, amoxicilina y cefalexina (Abro *et al.*, 2016), Vidaca (2022), evidenció en semen de bovino post congelado la presencia de microbiota Gram positiva con alta resistencia antimicrobiana a aminoglucósidos, betalactámicos, cefalosporinas, así como microbiota Gram negativa con resistencia por lo menos a un antimicrobiano de las familias de los aminoglucósidos, anfenicos, betalactámicos, cefalosporinas y sulfonamidas. Los bacteriófagos como terapia alternativa presenta una gran ventaja ya que los fagos pueden seleccionarse y producirse con facilidad a gran escala a nivel de laboratorio en meses, estos tienen la capacidad de crecer exponencialmente en el sitio de la aplicación potencial de la bioterapia permitiendo de esta manera un mayor efecto el sitio de la infección y desarrollar cocteles de fagos para tratar bacteria resistente es más rápido y barato que elaborar nuevos antibióticos o antimicrobiano, al igual que los fagos son específicos para sus células hospederas lo que quiere decir que no van eliminar otros microbios beneficiosos, la aplicación de fagos en bioterapia es mínima y los efectos secundarios son nulos o muy mínimos en humanos, animales y plantas, los fagos pueden combinarse con otros tratamiento y drogas, como cocteles de fagos y antibiótico, las bacterias adquieren baja resistencia fagos y en caso que se presente dicha resistencia hacia ellos estos tienen la capacidad de mutar por su naturaleza vírica (Álvarez-Cabalceta y Salas-Ocampo, 2021; Segundo *et al.*, 2010).

Objetivo

Detectar bacteriófagos líticos contra bacterias resistentes a antibióticos aisladas de semen de ganado bovino.

Materiales y métodos

Cepas bacterianas y condiciones de crecimiento

Las cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* se aislaron previamente de toros destinados a la reproducción de muestras pajillas congeladas de semen (Vidaca, 2022). Dichas cepas se cultivaron inicialmente en agar sangre, posteriormente se confirmó cada género por medio de pruebas bioquímicas y se sembraron en Agar Mac Conkey y Sal y manitol respectivamente, por último, se sembraron en caldo soya tripticaseina (TSB) medio (Bioxon, México) a 37°C en condiciones aeróbicas para su procesamiento. Recolección de muestras para aislamiento de bacteriófagos

Se recolectaron 50 ml de cada muestra: 2 de agua de bebedero de corraletas de sementales y 2 de agua de canal de diferentes regiones con inmediaciones a los hatos de Culiacán, Sinaloa, México. Las muestras se analizaron para detectar la presencia de fagos capaces de formar placas líticas en cepas de *E. coli* y *S. aureus*.

Aislamiento del bacteriófago

Los fagos se detectaron mediante el método de ensayo de placas (Amarillas *et al.*, 2017). Brevemente, las muestras de agua fueron centrifugadas a 8.500 x g por 15 min y el sobrenadante fue filtrado por una membrana de 0.22 µm, se tomaron 100 µL del filtrado y se añadieron a 1 mL de *E. coli* y *S. aureus* (en fase logarítmica) mezclada con 3 mL caldo soya tripticaseína al 0.4% de agar bacteriológico precalentado, después se sembraron en placas de TSA incubadas por la noche a 37°C, las cajas se observaron a contraluz buscando placas de lisis, claras y sin turbidez.

Resultados y discusión

De los bacteriófagos obtenidos de canaletas no se observaron placas de lisis para ninguna de las dos cepas, de los bacteriófagos aislados de una muestra de agua de canal se observaron placas de lisis en *E. coli* multirresistente aisladas de semen congelado y negativos para *S. aureus* multiresistente, dichos resultados concuerdan con los resultados de Amarillas *et al.* (2017) quienes aislaron bacteriófagos líticos a partir de agua de estanque y aguas residuales, dichos bacteriófagos tuvieron acción lítica contra cepas de *E. coli* aisladas de muestras de heces de animales de granja. De misma forma coinciden con lo descrito por Sanz, (2020) quien aisló 3 bacteriófagos de agua de río, de laguna y de suelo de jardín, con capacidad lítica sobre la cepa de *E. coli* p008. Estos tipos de bacteriófagos aislados de aguas sugieren que en los ecosistemas de los que provienen las muestras existe contaminación de coliformes totales, ya que un requisito natural para que los bacteriófagos existan y se repliquen en un nicho ecológico como su hospedero.

Conclusiones

La capacidad lítica de los bacteriófagos aislados de agua de canal sobre *E. coli* multirresistente aislada de semen de ganado bovino, indica que puede ser utilizado como un tratamiento alternativo para el procesamiento y preservación del ganado bovino.

Agradecimientos y fuente financiadora

A CONAHCYT por la financiación de la beca de posgrado #1082250, al CIAD unidad Culiacán, Sinaloa y a la FMVZ-UAS por permitir el uso de sus instalaciones.

Referencias bibliográficas

1. Amarillas L, Rubí-Rangel L, Chaidez C, González-Robles A, Lightbourn-Rojas L and León-Félix J (2017) Isolation and Characterization of phiLLS, a Novel Phage with Potential Biocontrol Agent against Multidrug-Resistant Escherichia coli. *Front. Microbiol.* 8:1355. doi: 10.3389/fmicb.2017.01355.x
2. Álvarez-Cabalceta, H., & Salas-Ocampo, O. (2021). Bacteriófagos: terapia alternativa para el control de infecciones bacterianas. *Gestión en Salud y Seguridad Social*, 1(12), 27–30.
3. Sanz, V. (2020) Potencial actividad biocontroladora de bacteriófagos, aislados de muestras ambientales, frente a cepas de escherichia coli multirresistentes. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Repositorio: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/25268>.
4. Calero, V., Calero, J., Armijos, J., & Troya, G. (2019). La resistencia antimicrobiana: situación actual. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 3(2), 307–323. [https://doi.org/10.26820/recimundo/3\(2\).abril.2019.307-323](https://doi.org/10.26820/recimundo/3(2).abril.2019.307-323)
5. Giono-Cerezo, S., Santos-Preciado, J. I., Morfín-Otero, M. D. R., Torres-López, F. J., & Alcántar-Curiel, M. D. (2020). Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por contenerla. *Gaceta de México*, 156(2). <https://doi.org/10.24875/gmm.20005624>.

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA PRESENTACIÓN DE PCV2 EN JALISCO.

Alberto Jorge Galindo-Barboza¹, Suzel Guadalupe Saucedo-Cerecer², Jazmín De la Luz-Armendáriz³ y José Francisco Rivera-Benítez^{4*}

¹Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, INIFAP. ²Unión Regional de Porcicultores de Jalisco y Comité Estatal de Fomento a la Protección Pecuaria de Jalisco. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, ⁴CENID-Salud Animal e Inocuidad, INIFAP.

*Autor para correspondencia: rivera.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: PCV2; Jalisco; factores de riesgo.

Introducción

El Circovirus porcino Tipo 2 (PCV2) está asociado con una variedad de manifestaciones clínicas colectivamente conocidas como Enfermedades Asociadas al Circovirus Porcino, que incluyen, entre otras, el síndrome multisistémico de desgaste post-destete, el síndrome de dermatitis y nefropatía porcina, forma parte de complejo respiratorio porcino y de falla reproductiva. El control del PCV2 se basa en un enfoque multifacético que incluye el diagnóstico, vacunación, medidas de bioseguridad y prácticas de manejo. Se han identificado múltiples genotipos de PCV2 a nivel mundial. Los genotipos más comunes incluyen PCV2a, PCV2b, PCV2c y PCV2d. Varios factores contribuyen a la variabilidad genética de PCV2, las condiciones ambientales, las prácticas de crianza y las medidas de bioseguridad juegan un papel en la configuración de la diversidad genética de virus [1]. Comprender la interacción entre estos factores es esencial para dilucidar los mecanismos que impulsan la evolución de PCV2 y para desarrollar estrategias efectivas de control y prevención de la enfermedad. En México, no existe información determinante que asocie la incidencia de la infección por PCV2 con diversas condiciones de producción y factores de riesgo.

Objetivo

Identificar los principales factores de riesgo asociados a la presentación del PCV2 en Jalisco con la finalidad de generar información que facilite la formulación de estrategias de manejo y vigilancia para esta enfermedad, adaptadas a las especificidades de la cría de cerdos en Jalisco.

Materiales y métodos

Entre el año 2022 y 2023 se muestrearon 80 granjas porcícolas en Jalisco, distribuidas en 4 regiones determinadas por su densidad animal: A, B1, B2 y B3 (9.4, 210.3, 261.6 y 135.4 cerdos/km², respectivamente). De las granjas participantes se tomaron 4,207 muestras de suero. Las muestras se agruparon para generar 844 pools (cinco sueros por pool) identificados por etapa productiva. De cada pool se realizó la extracción de ADN para su análisis mediante PCR en tiempo real para la amplificación del ORF2 del PCV2, las muestras que presentaron un CT <35 fueron consideradas positivas. De cada granja muestreada se obtuvo información adicional relacionada con: manejo de la producción, alimentación y agua, desinfección y fómites, manejo sanitario, instalaciones y equipo, control de fauna nociva y otros animales, y manejo de residuos. La información se codificó para la identificación de factores riesgo derivados de las prácticas realizadas en granja conforme a lo que contestaron los encargados de granja o médicos a cargo.

La información se analizó estadísticamente mediante tablas de contingencia 2X2 para calcular Chi Cuadrada (χ^2) y determinar si existía dependencia entre el factor de riesgo identificado y la positividad a PCV2 al momento del muestreo ($p = <0.05$). Para los factores identificados con una asociación positiva se calculó la razón de probabilidades u Odds Ratio (OR) con un intervalo de confianza del 95%. Los análisis se realizaron con R y RStudio utilizando la librería "epibasix" (Elementary epidemiological functions in epidemiology and biostatistics).

Resultados, discusión y conclusiones

En el Cuadro 1 se muestran los factores de riesgo que se asociaron con la presentación de PCV2 y los valores obtenidos de χ^2 y OR con sus intervalos de confianza.

Cuadro 1. Factores de riesgo identificados por cada estrato analizado mediante Chi Cuadrada (X^2) y razón de probabilidades (OR) para la presencia de PCV2 en granjas expuestas con respecto a granjas no expuestas al factor de riesgo.

Factor de riesgo codificados	Estrato	X^2	Observaciones	Valor P	OR	Intervalo de Confianza 95%	
						Inferior	Superior
cria	B3	11.12	152	.0008	5.7	2.025	16.29
	Semi	6.12	566	.0133	1.9	1.172	3.332
	CC	4.15	735	.0416	1.5	1.034	2.328
acceso	B2	13.37	157	.0002	21.5	2.704	171.788
	Intensivas	9.35	237	.0022	15.0	1.911	118.592
	CC	6.52	756	.0106	3.2	1.367	7.825
vehículos	B2	11.79	147	.0005	19.3	2.419	154.066
	Intensivas	9.35	237	.0022	15.0	1.911	118.592
mueven	Semi	12.34	575	.0004	5.5	2.003	15.631
técnico	A	6.14	377	.0132	1.8	1.164	3.053
despa	B2	10.38	157	.0012	7.8	2.109	29.092
	B3	7.41	165	.0064	4.5	1.611	13.096
	Intensivas	6.23	237	.0125	3.3	1.347	8.502
	Multi	7.00	68	.008	4.6	1.597	13.806
ip	Intensivas	11.72	237	.0006	2.6	1.539	4.569
	Crecimiento	6.5	159	.0107	2.6	1.286	5.151
oa	B1	11.46	114	.0007	4.2	1.884	9.572
coli	B3	6.00	165	.0142	2.9	1.302	6.476
	Multi	4.00	68	.045	3.5	1.149	10.463
parasuis	A	6.23	388	.0125	2.1	1.196	3.651
	Crecimiento	4.64	159	.0312	2.4	1.144	5.246
prrs	B3	4.07	165	.0435	2.6	1.117	6.252
	Multi	4.00	68	.045	3.5	1.149	10.463
	Crecimiento	3.84	159	.0499	2.1	1.046	4.039
circo	B3	9.89	165	.0016	6	1.989	18.103
	Crecimiento	3.79	159	.0516	5.7	1.151	41.900
ple	B1	3.87	114	.0492	3.1	1.113	8.877
	B3	9.44	152	.0021	4.7	1.811	12.428
	Semi	6.12	574	.0133	2.3	1.229	4.333
	Multi	4.00	68	.045	3.5	1.149	10.463
	Crecimiento	8.49	156	.0035	4.4	1.661	12.376
	Finalización	3.85	122	.0498	2.8	1.073	7.436
myco	B3	6.84	165	.0089	3.9	1.492	10.434
ery	B2	9.27	157	.0023	8.5	1.922	37.652
	Semi	5.67	587	.0172	2.2	1.178	4.223
	Intensivas	11.43	237	.0007	2.9	1.589	5.362
	CC	6.02	756	.0141	1.7	1.133	2.673
	Crecimiento	6.21	159	.0127	3.5	1.389	9.762
	Finalización	3.61	124	.0500	3.8	1.124	16.709
servicios	B3	7.69	152	.0055	3.5	1.496	8.176
	Semi	17.73	513	.0000	2.7	1.708	4.318
	CC	8.74	654	.0031	1.7	1.219	2.521
	Multi	14.75	64	.0000	13.0	3.32	51.652

Factor de riesgo codificados	Estrato	X^2	Observaciones	Valor <i>P</i>	OR	Intervalo de Confianza 95%	
						Inferior	Superior
salvajes	B1	8.11	114	.0044	9.1	1.869	44.616
	Semi	6.44	587	.0111	2.2	1.23	3.947
	CC	3.78	756	.0519	1.8	1.032	3.058
excretas	Intensivas	5.50	237	.0189	2.0	1.159	3.593
cadáver	B2	13.37	157	.0002	21.5	2.704	171.788
	Intensivas	9.35	237	.0022	15.0	1.911	118.592
	CC	5.16	756	.0230	2.3	1.165	4.467
agua	B1	18.55	114	.0000	29	3.775	222.768
	Semi	13.20	587	.0185	2.2	1.438	3.279

cría: Compra pie de cría o sementales en el país y los introduce sin protocolo de cuarentena; **acceso:** No se controla el acceso a granja; **vehículos:** No se desinfectan los vehículos al ingreso a granja; **técnico:** El personal técnico visita otras granjas; **mueven:** Los trabajadores si se mueven entre las áreas de producción; **despa:** No desparasita; **ip:** No vacuna contra Influenza; **oa:** No vacuna contra Rubulavirus porcino; **coli:** No vacuna contra E. Coli; **parasuis:** No vacuna contra Glaesserella parasuis; **prrs:** No vacuna contra PRRSV; **circo:** No vacuna contra Circovirus; **ple:** No vacuna contra Parvo, Leptospira, Erisipela; **myco:** No vacuna contra Mycoplasma hyopneumoniae; **ery:** No vacuna Erysipelothrix rhusiopathiae; **servicios:** Servicios no están al exterior de la granja (recepción, suministros, agua, gas, etc.); **salvajes:** Conocen de la presencia de cerdos salvajes cerca de sus unidades de producción; **excretas:** No tratan las excretas; **cadáver:** No hacen la correcta disposición de los cadáveres; **agua:** No tratan las aguas residuales. **A, B1, B2 y B3:** Regiones de Jalisco; **Semi:** Granjas Semi-intensivas <500 hembras; **Intensivas:** Granjas Intensivas >500 hembras; **CC:** Granjas de Ciclo Completo; **Multi:** Granjas Multisitios; **Crecimiento y Finalización:** Etapas productivas.

Los resultados obtenidos demuestran asociación significativa de ciertos factores de riesgo con la presencia del ADN viral en suero, evidenciadas por X^2 y OR. La falta esquemas completos de vacunación y la holgura en las medidas de bioseguridad mostraron la mayor cantidad de factores de riesgo asociados a la presentación del PCV2, sobre todo en la región B2, las más densamente poblada y en las granjas con producción intensiva. Estudios realizados en otros países muestran la importancia de establecer programas sanitarios adecuados a las regiones [2]. A pesar de la existencia de informes técnicos sobre medidas de bioseguridad desde hace algún tiempo, el número de estudios sobre su impacto en la reducción del riesgo de introducción de enfermedades es escaso, por lo que es importante seguir generando información de este tipo que ayude a la toma de conciencia sobre la importancia en establecer programas sanitarios eficientes.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Unión Regional de Porcicultores de Jalisco (URPJ) y al Grupo Estatal de Vigilancia Epidemiológica (GEVE) por su participación en el muestreo, la investigación y las facilidades otorgadas para la generación de la información presentada. También se agradece al CONACYT por la beca para estudios doctorales y al INIFAP por el apoyo brindado. Este trabajo fue financiado por el proyecto FONSEC-SAGARPA-CONACYT, 2017-06-292826.

Referencias

1. J. Segalés, “Porcine circovirus type 2 (PCV2) infections: Clinical signs, pathology and laboratory diagnosis,” Virus Res, vol. 164, no. 1–2, pp. 10–19, Mar. 2012, doi: 10.1016/J.VIRUSRES.2011.10.007.
2. K. O. Afolabi et al., “Regional Cross-Sectional Based Study and Associated Risk Factors of Porcine Circovirus 2 in Nigerian Pigs,” Transbound Emerg Dis, vol. 2023, pp. 1–15, Dec. 2023, doi: 10.1155/2023/9201177.

SERODETECCIÓN DEL ORTHORUBULAVIRUS SUIS EN LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO MEDIANTE ELISA INDIRECTA.

Rocío Lara-Romero^{1*}, José Luis Cerriteño-Sánchez², Julieta Sandra Cuevas-Romero², María Azucena Castañeda-Montes³, Humberto Ramírez-Mendoza⁴

¹Estancias Posdoctorales por México, CONAHCYT, FMVZ, UNAM. ²CENID-SAI, INIFAP. ³Unidad Académica de Capulhuac, UTVT. ⁴Departamento de Microbiología e Inmunología, FMVZ, UNAM.

*Autor para correspondencia: lara.romero.mx@gmail.com

Palabras clave: *Orthorubulavirus suis*, proteína recombinante, ELISA indirecta.

Introducción

El *Orthorubulavirus suis* (PRV) es el agente causal de la enfermedad de ojo azul (EOA) en los cerdos, hasta 2022 se denominó *Orthorubulavirus porcino* y antes de 2019 *Rubulavirus porcino* (ICTV 2022). Es un *Paramixovirus* que se encuentra distribuido únicamente en la zona del bajío de la República Mexicana, afectando a cerdos de todas las edades, causando problemas nerviosos en lechones, signos respiratorios en cerdos en crecimiento y afectaciones reproductivas en cerdos adultos, lo cual provoca graves pérdidas económicas en la porcicultura nacional (1). El PRV está conformado por seis proteínas estructurales codificadas por una cadena de RNA en sentido negativo compuesta por los genes de 3'-NP, P, M, F, HN, L-5'. PRV es capaz de establecer infecciones persistentes *in vitro* e *in vivo*, por lo que animales persistentemente infectados representan un riesgo al no poder ser diagnosticado y movilizados a zonas libres de la enfermedad (2). Para el diagnóstico serológico, la prueba más utilizada se asocia con la inhibición de la hemaglutinación (IH) debido a la posibilidad de unión de la proteína HN viral a la superficie de los eritrocitos y a que las infecciones por PRV producen de manera temprana anticuerpos contra HN. Sin embargo, hay evidencia de que durante las infecciones experimentales en cerdos adultos también se producen anticuerpos contra las proteínas virales NP y M. Por lo anterior, existe la necesidad de establecer un método serológico de diagnóstico con una alta sensibilidad y especificidad para la detección del PRV, el cual, pueda ser utilizado como herramienta de detección de animales infectados.

Objetivos

Por lo que el objetivo del trabajo fue obtener un lote de la nucleoproteína (NP) recombinante, para ser utilizando como antígeno en la estandarización de una prueba de ELISA indirecta detectar anticuerpos contra el PRV en cerdos de la región central de México para obtener información actualizada sobre el estado sanitario de la región.

Materiales y métodos

Se colectaron 946 muestras de sangre de cerdos de los estados de: Aguascalientes (n=207), Guanajuato (n=176), Jalisco (n=296), Estado de México (n=52), Morelos (n=68), Querétaro (n=87) y Veracruz (n=60), los cuales fueron obtenidos en el periodo del 2019 al 2023, las muestras fueron procesadas para la obtención de suero por centrifugación a 5000 rpm durante 10 minutos, envasadas, identificadas y resguardadas a -20°C hasta su uso. La proteína recombinante NP del PRV fue obtenida utilizando la clona obtenida en el 2022 (3) *E. coli* BL21 transformada con el vector pET-SUMO-NP, el cual contiene el marco de lectura abierto que codifica para la nucleoproteína del PRV, cuya producción se llevó a cabo realizando un cultivo de 500ml en medio LB utilizando IPTG como inductor, obteniendo el pellet celular por centrifugación y una ruptura celular mecánica por Gaulin, en donde, se obtuvieron cuerpos de inclusión y se purificaron por cromatografía de afinidad y finalmente se realizó la cuantificación por el método de Bradford. Con la proteína purificada se antigenaron placas Nunc MaxiSorp en una concentración de 75ng por pozo para el ensayo de ELISA indirecto, utilizando como anticuerpo primario los sueros de cerdo en dilución 1:200, como anticuerpo secundario anti-IgG conjugado con peroxidasa en dilución 1:17500 y revelando la reacción con el sustrato cromogénico TMB. Para determinar la sensibilidad y especificidad de la prueba se realizó una tabla de contingencia de 2x2 utilizando los sueros porcinos de referencia positivo provenientes de infecciones experimentales (control fuerte y control débil) y negativo (C-), previamente probados por Western-Blot (WB). El punto de corte se determinó por la media de la absorbancia 450nm de los controles negativos más tres desviaciones estándar. Todas las muestras evaluadas se trabajaron por duplicado.

Resultados

La proteína NP del PRV se expresó en células *E. coli* BL21, obteniendo una concentración final de 280 μ g/ml. Los sueros controles negativos y positivos utilizadas en la prueba de ELISAi fueron identificados como verdaderos positivos y negativos por WB. A partir de estos sueros se logró determinar el punto de corte el cual fue de 25% en porcentaje de positividad y se obtuvo una especificidad y sensibilidad del 100% (figura 1). Del total de muestras de sueros de cerdo colectadas en el presente ensayo, el 48.9% de las muestras de suero (463/946) fueron positivas, siendo Jalisco el estado con el mayor porcentaje de seropositividad, con 65.9%, seguido de Guanajuato (58%), Aguascalientes (52.7%), Estado de México (48.1%), Veracruz (23.3%), Querétaro (16.1%) y Morelos (5.9%).

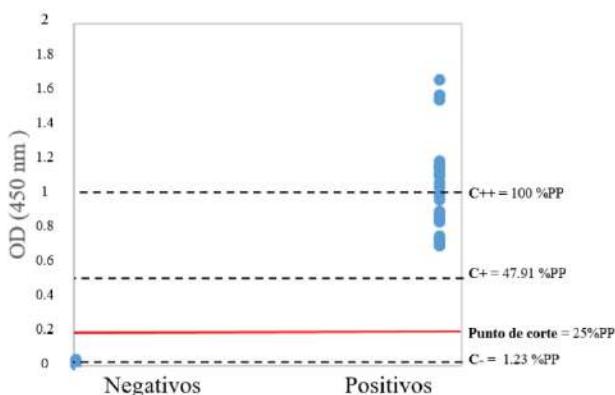


Figura 1. (A) Dispersión de densidades ópticas de sueros de referencia y (B) porcentajes de positividad de sueros de referencia

Discusión

La IH es la técnica de diagnóstico más utilizada para la detección del PRV, Escobar-López en el 2012, utilizando IH, reportó una prevalencia del 23.7 al 9% en la región endémica donde se reportaron brotes por EOA, mencionando que existen diferencias antigenicas entre sus aislamientos evaluados, lo cual origina que no exista el mismo reconocimiento entre cepas virales. Albarrán-Rodríguez (2022) menciona que la sensibilidad y especificidad de la IH es dependiente de los glóbulos rojos y de la especie a la que pertenezcan, ya sea pollo, bovino o caballo y existen muchas variables que resultan en que la IH pueda tener diferentes resultados trabajando con la misma muestra. Los porcentajes de animales positivos a PRV obtenidos en este trabajo son mayores a las encontradas en el 2012, indicando que existe la posibilidad de que algunos cerdos no estén siendo detectados por IH, mientras que por ELISAi con proteína recombinante NP como antígeno, sea la prueba ideal para detección de anticuerpos, por la posibilidad de identificar correctamente los animales negativos y positivos, representando una alternativa para un diagnóstico preciso para la detección de anticuerpos contra el PRV y así evitar la propagación de animales infectados.

Conclusiones

Se logró obtener la proteína recombinante NP del PRV. La prueba de ELISAi desarrollada presentó una sensibilidad y especificidad ideal para lograr la correcta detección de anticuerpos. Los hallazgos encontrados indican que existe una circulación del virus mayor a lo presentado en estudios anteriores, debido a la probable existencia de animales persistentes que se siguen movilizando por las principales regiones productoras de cerdo en los centrales de la República Mexicana, proporcionando una visión real del riesgo por la propagación del PRV a zonas libres de la enfermedad.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue parcialmente financiado por el CEND-SAI. RLR recibe una beca de Estancias Posdoctorales por México-CONAHCYT (555630).

Referencias bibliográficas

1. Stephano, H. A. (2002). Blue eye disease: clinical signs and lesions. Trends in Emerging Viral Infections of Swine, 47-50.
2. Santos-López, G., Hernández, J., Borraz-Argüello, M. T., Ramírez-Mendoza, H., Vallejo, V., & Reyes-Leyva, J. (2004). Proteins of porcine rubulavirus: structure, function and pathological implications.
3. Lara-Romero, R., Cerriteño-Sánchez, J. L., Mendoza-Elvira, S., García-Cambrón, J. B., Castañeda-Montes, M. A., Pérez-Aguilar, J. M., & Cuevas-Romero, J. S. (2022). Development of Novel Recombinant Antigens of Nucleoprotein and Matrix Proteins of Porcine orthorubulavirus: Antigenicity and Structural Prediction. *Viruses*, 14(9), 1946.
4. Escobar-López, A. C., Rivera-Benitez, J. F., Castillo-Juárez, H., Ramírez-Mendoza, H., Trujillo-Ortega, M. E., & Sánchez-Betancourt, J. I. (2012). Identification of antigenic variants of the porcine rubulavirus in sera of field swine and their seroprevalence. *Transboundary and Emerging Diseases*, 59(5), 416-420.
5. Albarán-Rodríguez, R. R., Castillo-Juarez, H., Rivera-Benítez, F., Campos-Montes, G. R., Espinosa, B., Madrigal-Valencia, T. L., ... & Ramírez-Mendoza, H. (2022). Assessment of the hemagglutinating activity of the Porcine orthorubulavirus. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 80, 101736.

EFECTO INMUNOMODULADOR DE MICROVESÍCULAS DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS DE *RATTUS NORVEGICUS* EN RAW264.7 DESAFIADAS CON *E. COLI* Y *S. TYPHIMURIUM*.

Cristal Dafne Lonngi Sosa*, Alejandro Vargas Ruíz, Francisco Rodolfo González Díaz, Pamela Izaret Pérez Martínez, Cynthia González Ruíz.

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

*Autor para correspondencia: skriztal@gmail.com

Palabras clave: Microvesículas, bacterias ácido lácticas, *Rattus norvegicus*.

Introducción

El uso indiscriminado de antibióticos representa un grave problema en la producción pecuaria, en especial en el tratamiento de enfermedades del tracto gastrointestinal (TGI). Lo anterior, debido al aumento de bacterias multirresistentes como *Salmonella spp* y *Escherichia coli*, que provocan que los animales enfermos se mantengan con cursos crónicos y/o secuelas, e incluso hasta provocarles la muerte, lo cual contribuye a elevar los costos de producción. Por lo anterior, se han desarrollado estrategias para prevenirlas y tratarlas, mediante el uso de probióticos. Estos microorganismos pertenecen a géneros bacterianos, residentes habituales del TGI, que proveen beneficios a la salud de su hospedero. En ese sentido, en este grupo de investigación nos hemos enfocado en la microbiota de *Rattus norvegicus* de vida libre, quien vive resistente a numerosos patógenos que afectan el TGI de todos los mamíferos incluyendo el humano. Himsorth en 2015, demostró la prevalencia de *Escherichia coli* y *Salmonella Typhimurium* en el tracto digestivo de *R. norvegicus*, que al no presentar signos ni lesiones de enfermedad, evidenciaba la resistencia de su microbiota a dichos microorganismos. Actualmente, está documentado que todas las bacterias secretan Microvesículas (MVs), las cuales acarrean componentes antigénicos del citoplasma y en tránsito, permitiendo que éstos interactúen con las células del sistema inmune del hospedero, generando respuestas altamente específicas. En ese sentido, en trabajos previos de este grupo de investigación, se ha demostrado que las MVs que se originan a partir de Bacterias Ácido Lácticas (BAL) aisladas del TGI de *R. norvegicus*, inducen la expresión de IL-1 β y TNF α en macrófagos (RAW264.7) a una concentración de 10 μ g/3hrs. Lo anterior, nos muestra el potencial de las MVs sobre la respuesta inmune y su posible efecto contra bacterias patógenas.

Objetivo

Evaluar el efecto inmunomodulador de microvesículas (MVs) de bacterias ácido lácticas (BAL) aisladas del TGI de *Rattus norvegicus* de vida libre, sobre una línea celular de macrófagos (RAW 264.7) para desafiarlos posteriormente con *Escherichia coli* de campo y *Salmonella typhimurium* ATCC 154.

Materiales y métodos

En un trabajo previo se obtuvieron BAL a partir del TGI de *Rattus norvegicus*, las cuales se caracterizaron molecularmente por PCR y bioquímicamente mediante el sistema Apiweb 50CHL. De estas, se seleccionaron dos cepas de campo: #54 *L. acidophilus* de ileon y #60 *L. plantarum* de colon. Además, se utilizó una cepa de referencia de *L. acidophilus* ATCC 314, como control positivo. A partir de estos cultivos, se desarrolló la siguiente metodología:

Obtención de Microvesículas (MVs) de BAL. Las cepas de referencia y de campo, fueron sembradas en agar MRS a 37°C / CO₂ al 5%/24hrs. Posteriormente se cosecharon las colonias bacterianas y se incubaron en ausencia de CO₂, con la finalidad de estresar el cultivo. A continuación, se centrifugaron a 6000 rpm /15 min /4°C para continuar con su filtrado, empleando membranas Millipore de 0.45 y 0.22 μ m de diámetro. El sobrenadante, se ultracentrifugó a 45 000 rpm /3hrs /4°C. Finalmente se recuperó la pastilla de MVs, en un total de 1 ml de PBS estéril.

Caracterización de MVs mediante Nanosight NS300. Una vez obtenidas las microvesículas se resuspendieron en 1mL de PBS, posteriormente se ultrafiltraron a través de un poro de .22 μ m. El número y distribución de las microvesículas fue detectado por un Nanosight NS300.

Evaluación de MVs bacterianas mediante SDS-PAGE. Se siguieron las especificaciones del fabricante (Bio-Rad 12% Precast TGX Stain free #4568043). El gel se sometió a 100volts / 2hrs. Una vez finalizada la electroforesis, se realizó la tinción de los geles con tinción de plata. Utilizando el kit Thermo Fisher Scientific "Pierce Silver Stain Kit" (#24612) siguiendo la metodología del proveedor.

Establecimiento del cultivo celular y desafío con bacterias enteropatógenas. El cultivo celular de macrófagos de rata (RAW 264.7 gamma NO -) se adquirió de ATCC (CRL-2278). Las células se mantuvieron en DEMEM alto en glucosa adicionado con 10% de suero fetal bovino inactivado por calor (Hyclone #SH30910.03) y 1% de Penicilina-Estreptomicina (100U/mL de penicilina y 100µg/mL de Estreptomicina; Sigma-Aldrich #P4333-20). A partir del establecimiento de RAW 264.7 a una concentración de 1×10^5 en placas de 24 pozos se adicionaron los diferentes tratamientos al medio, en el caso de las MVs y las células completas (C.C) de BAL se agregaron 10µg de proteína de las diferentes cepas a evaluar (cepa 54, 60 y ATCC). Por otro lado, se administraron 2 µg de LPS (*Escherichia coli* 0111:B4, Sigma Aldrich) como control positivo, mientras que al control negativo no se le administró ningún tratamiento. El experimento se estableció por 8 hrs, en donde todos los grupos fueron reestimulados a la hora 0, 2 y 4 con los diversos tratamientos. Posteriormente, a la hora 5 se realizó, el desafío con bacterias enteropatógenas donde se administraron 10µl de una dilución 10^8 (.05 DO) de cada cepa enteropatógena a cada pozo y se dejó incubar hasta la hora 8.

Determinación de la expresión de IL-1 β , TNF α e IL-10 mediante qPCR. Para determinar la expresión de estas citocinas, se extrajo el ARN del cultivo celular en diferentes tiempos (1,3, 5 y 8 horas) empleando el reactivo TRIzol Reagent (Ambion by life technologies, #15596018), de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La concentración de ARN obtenida se determinó mediante un NanoDrop (NanoDrop Lite, Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA). Posteriormente, se realizó la obtención de cDNA utilizando el kit FastGene Scriptase Basic cDNA Synthesis (Nippon Genetics, #LS62), siguiendo las instrucciones del proveedor. Se sintetizaron las secuencias de los primers para las diferentes citocinas con la ayuda del programa Primer3, las cuales son: IL-1 β Fw: GGTGTGACGTTCCCATT, Rv: CGTGCTTGGTCTCCTTGT, TNF α Fw: TATGGCTCAGGGTCCAATC, Rv: CTCCCTTGCAAGACTCAGG, IL-10 Fw: GCCTTATCGAAATGATCC, Rv: TCCACTGCCTGCTCTTATT. Por otro lado, para la cuantificación de la expresión se utilizó el kit comercial (RealQ Plus Master Mix Green Without ROX, AMPLIQON, Dinamarca). Cada muestra se realizó por triplicado, usando como gen constitutivo Hipoxantina-guanina fosforribosiltransferasa (HPRT). El gen constitutivo se realizó bajo las siguientes condiciones: 1 ciclo de 15 minutos a 95°C para la activación de la enzima, 30 segundos a 95°C para la desnaturización, 30 segundos a 50°C para la alineación y 30 segundos a 72°C para la elongación, durante 40 ciclos. Las condiciones para la amplificación de las citocinas fueron las mismas con excepción de la temperatura de alineación las cuales fueron, para IL-1 β a 62°C, para TNF α a 59°C mientras que para IL-10 fue a 56°C. Para la cuantificación de la expresión se utilizó el método de cuantificación relativa de $\Delta\Delta Ct$.

Análisis estadístico. Los ensayos se realizaron de manera independiente y por triplicado para cada cepa de BAL a evaluar, así como para cada cepa enteropatógena. Para el análisis de datos se utilizó la prueba de ANOVA y la prueba T de Student además del software GraphPad Prism version 8.0.2, (GraphPad Software Inc. San Diego, CA, USA). Considerando valores < 0.1 como estadísticamente significativos.

Resultados y discusión

La caracterización por Nanosight NS300 evidenció el tamaño de las MVs de la cepa de *L. acidophilus* y *L. plantarum*, encontrándose entre los 190 y 208nm, lo cual coinciden con lo reportado por la bibliografía. Así mismo se observó una mayor concentración de partículas en las cepas de campo en relación con la cepa de referencia.

Por otra parte, la electroforesis de las MVs de *L. acidophilus*, tanto de la cepa de referencia como la de campo, comparten bandas proteicas con sus células completas, entre ellas se encuentran bandas de 44, 54 y 59 kDa, mismas que coinciden por lo reportado por Dean y col. en 2019, quienes las identifican como transportadores ABC, para bacteriocinas. Por lo que existe una alta coincidencia con este hallazgo y sugiere que las MVs de *L. acidophilus*, podría acarrear bacteriocinas. Las bacteriocinas, son péptidos biológicamente activos que ejercen actividades inmunomoduladoras en el huésped a través de la expresión y síntesis de diversas interleucinas.

Así mismo, en este trabajo encontramos diferentes perfiles de expresión de citocinas, a partir de las células estimuladas con MVs de BAL. Observándose un efecto proinflamatorio en las cepas de *L. acidophilus* tanto de campo, como de referencia al inducir una mayor expresión de IL-1 β y TNF α , lo cual coincide con lo mencionado por Vale en 2023, en células completas (C.C) de *L. acidophilus*. Así mismo, se observó en todas las cepas evaluadas, que el pico de expresión de estas interleucinas fue a las 3 horas, para después decrecer y aumentar la expresión de IL-10. Sin embargo, la cepa de *L. plantarum* desafiada con *E.coli*, mostró un perfil antiinflamatorio al verse una mayor expresión de IL-10 con respecto a IL-1 β y TNF α , lo cual

coincide con lo reportado por Duan en 2022 en C.C de *L. plantarum*. Sin embargo, la cepa de *L. plantarum* desafiada con *S. Typhimurium*, mostró una mayor expresión de IL-1 β y TNF α en relación a la desafiada con *E. coli* ($p=.0053$) y con las cepas de *L. acidophilus*. En ese sentido, se encontró diferencia estadísticamente significativa que evidencia una mayor expresión de IL-1 β en comparación al control positivo de LPS ($p=.0065$). Así mismo, se demostró que el pico de expresión de IL-10 en todas las cepas, fue a la hora 8 es decir, al finalizar el desafío con las bacterias enteropatógenas, lo cual coincide con lo mencionado por Vareille en 2019, quien menciona el efecto inmunomodulador de las cepas de BAL frente a un patógeno, con la finalidad de evitar una respuesta proinflamatoria exacerbada que dañe las células del huésped. Por último, se encontró que las MVs alcanzan de manera más rápida y mantienen el pico de expresión de las citocinas proinflamatorias en comparación con sus C.C. Lo anterior, coincide con lo mencionado por la bibliografía, debido al acarreamiento de múltiples antígenos y componentes bioactivos que dotan a las MVs de un mayor efecto en comparación a sus bacterias completas de origen.

Conclusiones

El presente trabajo evidencia que 10 μ g MVs de *L. acidophilus* y *L. plantarum* aisladas del TGI de *Rattus norvegicus*, inducen la expresión de citocinas proinflamatorias (IL-1 β y TNF α) e inmunomoduladoras (IL-10) en RAW 264.7. Del mismo modo, esta expresión varía en función de la cepa de BAL evaluada, así como de la cepa enteropatógena con la que se desafía. Así mismo, la expresión de IL-1 β y TNF α es más rápida y eficaz en esta línea celular estimulada con MVs de *L. plantarum* y *L. acidophilus* con respecto a sus C.C. Además, la estimulación de RAW 264.7 con MVs de *L. plantarum* desafiado con *Salmonella Typhimurium* mostró una mayor expresión de IL-1 β en comparación al LPS (control positivo LPS de *E. coli* comercial).

Agradecimientos y fuente financiadora

Investigación financiada por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) UNAM: IT201824 y el Programa Interno de Cátedras de Investigación (PICI) 2024 clave CI2465.

Referencias bibliográficas

1. Dean, S. N., Leary, D. H., Sullivan, C. J., Oh, E., & Walper, S. A. (2019). Isolation and characterization of Lactobacillus-derived membrane vesicles. *Scientific Reports*, 9(1), 877. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37120-6>
2. Duan, B., Liu, R., Shi, Y., Sun, A., Tang, Z., Wang, C., & Hu, J. (2022). *Lactobacillus plantarum* synergistically regulates M1 macrophage polarization in resistance against *Salmonella enterica* serovar Typhimurium infection. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.933550>
3. Himsworth, C. G., Zabek, E., Desrusseau, A., Parmley, E. J., Reid-Smith, R., Jardine, C. M., Tang, P., & Patrick, D. M. (2015). Prevalence and characteristics of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. In the feces of wild urban norway and black rats (*Rattus norvegicus* and *Rattus rattus*) from an inner-city neighborhood of Vancouver, Canada. *Journal of Wildlife Diseases*, 51(3), 589–600. <https://doi.org/10.7589/2014-09-242>
4. Vale, G. C., Mota, B. I. S., Ando-Suguimoto, E. S., & Mayer, M. P. A. (2023). Effect of probiotics *Lactobacillus acidophilus* and *Lacticaseibacillus rhamnosus* on antibacterial response gene transcription of human peripheral monocytes. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 15(2), 264–274. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09832-1>
5. Vareille-Delarbre, M., Miquel, S., Garcin, S., Bertran, T., Balestrino, D., Evrard, B., & Forestier, C. (2019). Immunomodulatory Effects of *Lactobacillus plantarum* on Inflammatory Response Induced by *Klebsiella pneumoniae*. *Infection and Immunity*, 87(11). <https://doi.org/10.1128/iai.00570-19>

ESTUDIO RETROSPECTIVO DE MICROFILARIAS EN CANINOS DEL MUNICIPIO DE NAVOLATO, SINALOA.

Carlos Joaquin Vargas-Valdez¹, Horacio Dávila-Ramos¹, Margarita del Socorro Dávila-Paredes¹, Nora María Cárcamo-Aréchiga¹, Silvia del Carmen Cota-Guajardo¹, Alberto Garfio-Romero^{1*}

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa

*Autor para correspondencia: alberto.garfio@uas.edu.mx

Palabras clave: Canino, *Dirofilaria immitis*, Microfilaria.

Introducción

La dirofilariasis es una enfermedad frecuente en humanos y animales, provocada por *Dirofilaria immitis*, un nematodo que se transmite a través de picaduras de mosquito y que tiene una distribución mundial (Anvari *et al.*, 2020). Esta enfermedad afecta principalmente el sistema cardiopulmonar resultando en una enfermedad grave y potencialmente fatal (Nguyen *et al.*, 2016). Además, se puede asociar a múltiples factores como el clima, factores socioeconómicos, topográficos y la presencia de vectores (Wolstenholme *et al.*, 2015) como son los mosquitos de los géneros *Culex* spp., *Aedes* spp. y *Anopheles* spp.; la transmisión ocurre cuando los mosquitos ingieren microfilarias o larvas (L1) de *D. immitis* de animales infectados, las larvas mudan a la fase infectiva (L3) dentro de este y se transfieren a los hospedadores durante la alimentación del mosquito, migrando hacia las arterias pulmonares y alcanzando la madurez sexual (Nguyen *et al.*, 2016).

Objetivo

Describir la frecuencia de las microfilarias en sangre periférica y las características de la población de caninos muestrados en Navolato, Sinaloa.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo y retrospectivo de prevalencias de microfilarias a partir de registros recuperados por el Laboratorio de Necropsias de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, durante el periodo comprendido entre 2009 y 2023; el criterio de inclusión fue que los registros estuvieran completos para tener homogéneas las variables a analizar. Las variables analizadas fueron: edad, sexo (machos, hembras), raza (puras, criollas), localidad (sindicaturas de Navolato, Sinaloa) y tipo de pelo (corto, largo); de estas variables se realizó un análisis descriptivo que incluye la frecuencia con la que se presentan las microfilarias en los caninos de Navolato, Sinaloa. Se constituyeron 4 grupos de edades: <1 año, 1-3 años, 4-6 años y >7 años, los cuales se describieron con el número de casos positivos y negativo a microfilarias.

Resultados y discusión

Se revisaron 350 registros de los cuales 109 (31.14%) fueron positivos a microfilarias en sangre de caninos. La prevalencia mayor fue en los caninos del grupo de 1 a 3 años con 63 (57.8%) positivos, seguido por el grupo de 4 a 6 años con 27 (25.8%). Los machos fueron el sexo con mayor afectación con 69 (63.3%), mientras que se observó mayor frecuencia en razas criollas (88.1%) que en puras (11.9%) y en caninos con pelaje corto (79.8%) que con pelo largo (20.2%). Los caninos de Las Arenitas fueron los que presentaron mayor prevalencia de microfilarias con 34 (31.2%) positivos, seguido por Las Aguamitas con 30 (27.5%). Por otro lado, en el año 2014 se presentaron el mayor número de casos con 49 (45%) positivos, seguido por el año 2023 con 26 (23.9%) (Cuadro 1).

La presencia de microfilarias está determinada por la interacción de los vectores y el huésped adecuado (caninos) en una localidad específica (Knight, 1987). En este estudio la prevalencia fue de 31.14% a comparación con la prevalencia reportada por Amvari *et al.* 2020 en el continente americano (Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Haití, México, USA) de 11.60%.

Cuadro 1. Frecuencia de positivos a microfilarias en caninos según edad, sexo, raza, tipo de pelo, localidad y año (Navolato, Sinaloa) (n = 109)

Variable	Registro	
	n	%
Edad		
<1	9	8.3
1 - 3	63	57.8
4 - 6	27	24.8
>7	10	9.2
Sexo		
Hembras	40	36.7
Machos	69	63.3
Raza		
Criollo	96	88.1
Pura	13	11.9
Tipo de pelo		
Corto	87	79.8
Largo	22	20.2
Localidad		
El Castillo	10	9.2
Dautillos	27	24.8
Las Aguamitas	30	27.5
Las Arenitas	34	31.2
Las Puentes	8	7.3
Año		
2009	9	8.3
2010	16	14.7
2014	49	45
2017	3	2.8
2018	6	5.5
2023	26	23.9

En Yucatán, México, Bolio-Gonzalez *et al.* 2007 reportaron una prevalencia del 8.3%; en comparación con los resultados de este estudio, las hembras mostraron una mayor prevalencia (11.3%). Además, los perros criollos presentaron una mayor prevalencia (9.5%). Por otro lado, Caro-Gonzalez *et al.* 2010 determinaron prevalencia de 59.8%, donde los machos tenían una prevalencia mayor en contraste con las hembras; se puede considerar el sexo de los machos como un factor de riesgo asociado a la prevalencia de microfilarias en sangre (Capelli *et al.*, 2018). En México, las mayores tasas de infección en caninos se han informado en ciudades localizadas en las costas del Golfo de México (Labarthe y Guerrero, 2005), lo que es un indicio para la prevalencia de 31.14% que se está informando; ya que Navolato, Sinaloa, comparte sus costas con el Golfo de California, teniendo la relación de un clima similar entre localidades.

Conclusiones

Los caninos de los poblados de Navolato, Sinaloa, tienen una prevalencia de 34.14% de microfilarias en sangre periférica. Esta es una prevalencia elevada en comparación a la reportada en el continente americano; por ende, se puede considerar el implementar programas de control y prevención de la dirofilariasis en las diferentes localidades del municipio, ya que esta parasitosis se ha reportado en humanos y puede generar un problema de salud pública.

Referencias bibliográficas

1. Anvari, D., Narouei, E., Daryani, A., Sarvi, S., Moosazadeh, M., Ziae Hezarjaribi, H., Narouei, M. R., & Gholami, S. (2020). The global status of *Dirofilaria immitis* in dogs: a systematic review and meta-analysis based on published articles. *Research in Veterinary Science*, 131, 104–116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.04.002>
2. Bolio-Gonzalez, M. E., Rodriguez-Vivas, R. I., Sauri-Arceo, C. H., Gutierrez-Blanco, E., Ortega-Pacheco, A., & Colin-Flores, R. F. (2007). Prevalence of the *Dirofilaria immitis* infection in dogs from

- Merida, Yucatan, Mexico. Veterinary Parasitology, 148(2), 166–169.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.05.019>
- 3. Capelli, G., Genchi, C., Baneth, G., Bourdeau, P., Brianti, E., Cardoso, L., Danesi, P., Fuehrer, H.-P., Giannelli, A., Ionică, A. M., Maia, C., Modrý, D., Montarsi, F., Krücken, J., Papadopoulos, E., Petrić, D., Pfeffer, M., Savić, S., Otranto, D., ... Silaghi, C. (2018). Recent advances on *Dirofilaria repens* in dogs and humans in Europe. *Parasites & Vectors*, 11(1), 663. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3205-x>
 - 4. Caro-Gonzalez, J. A., Bolio-Gonzalez, M. E., Escobedo-Ortegón, F. J., Manrique-Saide, P., Rodriguez-Vivas, R. I., Rodriguez-Buenfil, J. C., & Sauri-Arceo, C. H. (2010). Prevalence of *Dirofilaria immitis* Infection in Dogs from Celestun, Mexico, Using Polymerase Chain Reaction Test. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 11(2), 193–196. <https://doi.org/10.1089/vbz.2009.0171>
 - 5. Knight, D. H. (1987). Heartworm Infection. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 17(6), 1463–1518. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(87\)50012-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0195-5616(87)50012-2)
 - 6. Labarthe, N., & Guerrero, J. (2005). Epidemiology of heartworm: What is happening in South America and Mexico? *Veterinary Parasitology*, 133(2), 149–156. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.04.006>
 - 7. Nguyen, C., Koh, W. L., Casteriano, A., Beijerink, N., Godfrey, C., Brown, G., Emery, D., & Šlapeta, J. (2016). Mosquito-borne heartworm *Dirofilaria immitis* in dogs from Australia. *Parasites & Vectors*, 9(1), 535. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1821-x>
 - 8. Wolstenholme, A. J., Evans, C. C., Jimenez, P. D., & Moorhead, A. R. (2015). The emergence of macrocyclic lactone resistance in the canine heartworm, *Dirofilaria immitis*. *Parasitology*, 142(10), 1249–1259. <https://doi.org/DOI: 10.1017/S003118201500061X>

EFFECTO DE LA INGESTIÓN DE CALOSTRO ENRIQUECIDO EN LA SALUD Y DESARROLLO DE TERNERAS HOLSTEIN.

López-Juárez Andrea^{1*}, Romano-Muñoz José Luis², Vera-Ávila Héctor¹, González-Ruiz Sara¹, Veyna-Salazar Nerina¹, Durán-Aguilar Marina¹

¹Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México INIFAP-CENID Fisiología².

*Autor para correspondencia: alopez69@alumnos.uag.mx

Palabras clave: Enriquecimiento, ganancia diaria de peso, transferencia de inmunidad pasiva, calostro, becerras.

Introducción

El bovino nace con un sistema inmunológico que no tiene la capacidad de responder adecuadamente a los desafíos del medio, debido a que dentro del útero el feto no tiene la posibilidad de montar una respuesta inmune, por lo tanto, al momento del parto la señalización de hormonas y la falta de inmunoglobulinas circulantes, dificultan la respuesta inmunológica de la cría. La transferencia de inmunidad pasiva de la madre a la cría depende de la ingesta de calostro durante las primeras horas de vida, donde el intestino del neonato posee una permeabilidad no selectiva durante 24 horas, lo cual permite tanto el paso de anticuerpos a torrente sanguíneo como de patógenos ambientales que pueden provocar enfermedad. El calostro, además de aportar una gran cantidad de nutrientes y anticuerpos, también provee a la cría de componentes bioactivos como factores de crecimiento, citocinas que actúan como inmunomoduladores, células del sistema inmune y factores antimicrobianos como la lactoferrina. La falla en la transferencia de la inmunidad se da cuando la cría no ingiere calostro de buena calidad y presenta un nivel de anticuerpos circulantes en torrente sanguíneo menor a 10 mg/ml entre las 24 a 48 horas posteriores a su nacimiento, dicha falla puede ocurrir por diferentes factores, aquellos relacionados a la vaca, a la cría y ambientales tales como: manejo del parto, del calostro y el calostrado, la calidad microbiológica, entre otros. La absorción de los componentes del calostro oscila alrededor del 35% y este disminuye con el paso del tiempo, por lo tanto, es necesario asegurar que el calostro que la cría ingiere durante las primeras horas de vida sea de alta calidad. Se ha demostrado que la absorción aparente de inmunidad que brinda el calostro de calidad superior a los 25 Brix es mayor que la de calostros con calidades menores, esto es favorable para la prevención de enfermedades, principalmente relacionadas con diarrea y neumonía.

Objetivo

Mejorar la calidad del calostro a 30 grados BRIX, enriqueciéndolo con calostro bovino en polvo para mejorar la salud y desarrollo de las terneras Holstein.

Materiales y métodos

El presente estudio fue sometido ante el Comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro, obteniendo el dictamen aprobatorio con folio 84FCN2022.

Diseño experimental: El estudio se realizó en un establo ubicado en el municipio de Colón en el estado de Querétaro, México. Se utilizaron 214 beceras sanas de raza Holstein, 107 en el grupo testigo y 107 en el grupo que consumió calostro enriquecido, la asignación de los animales a los grupos se realizó de manera alternada, conforme se iban presentando los partos. Se registraron, la hora de nacimiento, y la hora a la que se suministraron la primera y segunda toma de calostro, así como, la cantidad y calidad.

Manejo del calostro: Para el manejo del calostro del grupo testigo, se hizo la recolección de un día completo, se le aplicó un tratamiento térmico, a una temperatura de 60° C durante 60 minutos, se midió su calidad en grados brix y se guardó en bolsas de plástico con un total de 3 litros cada una, cada bolsa se rotuló, indicando la fecha de recolección y la calidad del calostro. Para el enriquecimiento del calostro se utilizó un calostro en polvo de origen bovino, Calostro Bovino Completo® de la empresa SCCL México®, la cual, diseñó un sistema de enriquecimiento en el que, al añadir 15 g de producto en un litro de calostro fresco pasteurizado, se eleva su calidad 1 grado Brix. Después de someter el calostro al tratamiento térmico, se midió la calidad con un refractómetro digital y se calculó la cantidad necesaria de calostro deshidratado por añadir para elevar su calidad a 30 grados brix. Dentro del mismo pasteurizador durante la fase de enfriamiento se añadió la cantidad de polvo calculada, se mezcló, homogeneizó y embolsó de la

misma manera que el calostro convencional. El calostrado para ambos grupos de beceras fue similar, para cada animal se descongeló 1 bolsa de calostro, a baño maría durante aproximadamente 30 minutos hasta que el calostro tuviera una temperatura de 39°C, y se ofreció con sonda gástrica.

Recolección de datos: Ambos grupos de beceras, fueron sometidos a mediciones de peso y talla a la cruz, al nacimiento, 30, 60 y 90 días de edad para evaluar su desarrollo, se recolectaron los datos relacionados a la salud de las beceras. También se realizó una prueba de refractometría sanguínea a las 48 horas de vida, para estimar la cantidad de inmunoglobulinas presentes en sangre provenientes del calostro.

Análisis estadístico: Se realizó una prueba de t para muestras independientes para la evaluación de los pesos, tallas al nacimiento y ganancias diarias de peso (GDP) a los 30, 60 y 90 días de edad, y los valores de refractometría sanguínea de ambos grupos, se utilizó el programa IBM SPSS Statics 25. Para la presencia de enfermedades se tomó en cuenta la tasa de morbilidad para cada uno de los eventos, se consideraron los días promedio en que comenzó el proceso de enfermedad, así como el promedio de la duración en cada caso, por último, se realizó una prueba de chi cuadrada para determinar si existe relación entre la baja presencia de diarrea o neumonía con el consumo de calostro enriquecido.

Resultados y discusión

Los animales utilizados en el experimento fueron homogéneos en cuanto a peso y talla al nacimiento (Cuadro 1). Los valores de proteína sérica obtenidos mediante refractometría sanguínea a las 48 horas de vida, son mayores en el grupo de beceras que consumió calostro enriquecido a 30 grados Brix, ($p < 0.05$), que es un aproximado de 108 g de IgG por litro de calostro. Este comportamiento lo observaron también López et al., 2021, al enriquecer calostro de calidad media para obtener un total de 154g de IgG por litro de calostro, teniendo una absorción aparente de anticuerpos del 54.28%.

Cuadro 1. Características de los animales experimentales al nacimiento y valores de refractometría sanguínea.

No. De animales	Calostro sin enriquecer		Calostro enriquecido a 30 Brix		P
	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	
Refractometría sanguínea a 48 hrs. (g/dl)	6.86	0.76	7.00	0.93	0.015
Talla Nacimiento (cm)	72.12	1.97	71.42	4.63	0.27
Peso Nacimiento (kg)	31.48	1.78	31.63	1.63	0.96

Respecto al desarrollo de los animales (Cuadro 2), se observó que, a los 30 días de edad, los animales del grupo tratado tuvieron una GDP estadísticamente superior a la de los animales del grupo que consumió calostro sin enriquecer ($p < 0.05$).; la GDP a los 60 y 90 días de edad, no mostró diferencia estadística ($p > 0.05$). En cuanto a la media de los pesos, tallas y el crecimiento no existió una diferencia significativa para ninguna de las etapas en que se evaluó a los animales ($p > 0.05$).

Cuadro 2. Prueba de t para valores referentes al desarrollo de las beceras a los 30, 60 y 90 días de edad.

Edad	No. De animales	Calostro sin enriquecer		Calostro enriquecido a 30 Brix		P
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	
30 días	Peso (kg)	57.85	6.04	58.21	4.36	0.08
	Talla (cm)	83.25	3.68	82.25	3.59	0.39
	GDP (kg)	0.793	0.17	0.80	0.11	0.04
	Crecimiento (cm)	11.76	3.61	10.76	7.00	0.64
60 días	Peso (kg)	87.76	7.00	87.43	6.23	0.16
	Talla (cm)	90.56	5.57	90.46	4.89	0.60
	GDP (kg)	0.896	0.104	0.882	0.093	0.10
	Crecimiento (cm)	18.42	5.61	18.97	6.02	0.61
90 días	Peso (kg)	113.35	0.43	113.71	10.52	0.49
	Talla (cm)	108.40	7.04	107.33	5.32	0.37
	GDP (kg)	0.874	0.09	0.874	0.11	0.35
	Crecimiento (cm)	36.3	7.05	35.83	6.69	0.63

Por último, se determinó la existencia de una relación estadísticamente significativa entre la presencia de diarrea y neumonía con el consumo de calostro enriquecido a 30 Brix ($P=0.035$). El porcentaje de animales con diarrea fue de 68% para el grupo control y de 54% en el grupo tratado (Cuadro 3). Las beceras que no consumieron calostro enriquecido tuvieron su primer episodio de diarrea más temprano que las beceras que consumieron calostro enriquecido, 14.77 días de edad en promedio vs 17.68 días de edad respectivamente. La morbilidad en el primer evento de neumonía fue del 7% en las beceras del grupo

control y del 10% en aquellas que consumieron calostro enriquecido, aunque no se muestra una diferencia significativa ($p=0.471$).

Cuadro 3. Tasa de morbilidad y comportamiento de la presentación de las enfermedades en las beceras desde el nacimiento hasta los 90 días de edad.

NO. ANIMALES	Calostro sin enriquecer			Calostro enriquecido a 30 Brix		
	%	Duración Promedio	Edad Promedio	%	Duración Promedio	Edad Promedio
DIARREA 1	68%	3.78	14.77	54%	3.3	17.68
DIARREA 2	12%	3.31	23.31	7%	3.14	18.28
DIARREA 3	1%	3	17	1%	3	21
NEUMONÍA 1	7%	4.25	43.13	10%	5.36	53.55
NEUMONÍA 2	1%	3	59	4%	6.33	50.33
NEUMONÍA 3	0%	0	0	2%	4	58

Conclusiones

Los resultados muestran que el enriquecimiento de calostro a 30 grados brix puede incrementar la cantidad de proteína sérica en sangre, indicando que la cantidad de IgG presente en el suero sanguíneo es mayor. El crecimiento a los 90 días de edad no fue diferente entre tratamientos. Las enfermedades se presentaron en edades más avanzadas en aquellas beceras que consumieron calostro enriquecido.

Lo ideal sería evaluar a los animales durante todo su desarrollo y hasta su primera lactación para conocer si esta técnica favorece la salud y producción de los bovinos lecheros durante su vida productiva. Es importante mencionar que el rancho en donde se realizó el experimento tiene como manejo establecido la selección de calostro igual o superior a los 80 g de IgG por litro para ofrecer como primera y segunda toma, esta técnica puede favorecer más a los establos con una calidad de calostro menor.

Agradecimientos

Un agradecimiento muy especial para el MVZ José María Rodríguez de la compañía SCCL México, al Dr. Manuel Campos y a la compañía que me patrocina (SCCL México). Al establo y a Conacyth.

Referencias bibliográficas

1. Baumrucker, C. R., & Bruckmaier, R. M. (2014). Colostrogenesis: IgG1 transcytosis mechanisms. *J Mammary Gland Biol Neoplasia*, 19(1), 103–117. <https://doi.org/10.1007/s10911-013-9313-5>
2. Lopez, A. J., Jones, C. M., Geiger, A. J., & Heinrichs, A. J. (2020). Comparison of immunoglobulin G absorption in calves fed maternal colostrum, a commercial whey-based colostrum replacer, or supplemented maternal colostrum. *Journal Dairy Sci*, 103(5), 4838–4845. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17949>
3. López, A. J., Steele, M. A., Nagorske, M., Sargent, R., & Renaud, D. L. (2021). Hot topic: Accuracy of refractometry as an indirect method to measure failed transfer of passive immunity in dairy calves feed colostrum replacer and maternal colostrum. *J Dairy Sci*, 104(2), 2032–2039. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18947>
4. Lozic, S. S. A. (2013). Calibración de refractómetro Brix para la determinación del contenido de Inmunoglobulina G en calostro bovino. Universidad Austral de Chile.
5. Martínez, A. A. (2018). Manual de crianza de becerras. Simiente S.A. de C.V.
6. Quigley, J. D. (2020, abril 26). Calf note #214 – A BRIX table. Calfnotes.com. <https://www.calfnotes.com/en/2020/04/26/calf-note-214-a-brix-table/>
7. Rodriguez-Hernandez, K., Ochoa, E., & Rocha, K. R. (2021). Efecto de las buenas prácticas de manejo del calostro pasteurizado en el desempeño de becerras lecheras. Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20045.77281>

PREVALENCIA DEL VIRUS DE LAS ALAS DEFORMES EN COLONIAS DE ABEJAS UBICADAS EN MORELOS, HIDALGO Y ESTADO DE MÉXICO.

Laura Yavarik Alvarado-Avila^{1*}, Francisco Javier Ramírez-Ramírez¹, Claudia García-Figueroa¹, Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco¹

¹CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

*Autora para correspondencia: alvarado.laura@inifap.gob.mx

Palabras clave: Virus de las alas deformes, abejas melíferas, prevalencia.

Introducción

El virus de las alas deformes es un virus ARN que afecta la salud de las colonias de abejas melíferas. Este virus pertenece a la familia *Iflaviridae* y al orden *Picornavirales*, y actualmente tiene una distribución mundial.

El virus de las alas deformes se puede transmitir de forma horizontal, vertical y vectorial a través del ácaro *Varroa destructor*.

El principal medio de transmisión del virus de las alas deformes es el ácaro *V. destructor*, ya que el virus es capaz de replicarse dentro del cuerpo del ácaro y, por lo tanto, aumentar los títulos virales que se transmiten a las abejas ocasionando que se presente signos en las abejas. En el caso de la transmisión horizontal y vertical, los títulos virales son bajos y no causan signos en las abejas.

Los signos de infestación por virus de las alas deformes en las abejas son: reducción en el peso corporal y en el tamaño del abdomen, despigmentación, menor longevidad, mortalidad de pupas, y malformación de apéndices, principalmente de las alas (Bowen-Walker *et al.*, 1999).

Nuestro país se divide en cinco regiones apícolas: Norte, Altiplano, Costa del Pacífico, Golfo y Península de Yucatán. La región apícola del altiplano contribuye con el 25% de la producción nacional de miel. Los estados de Morelos, Hidalgo y Estado de México forman parte de la región apícola del altiplano de México. Es importante conocer cuál es la prevalencia del virus de las alas deformes en colonias ubicadas en la región del altiplano.

Objetivo

Estimar la prevalencia del virus de las alas deformes en colonias de abejas ubicadas en los estados de Morelos, Estado de México e Hidalgo.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en 412 colonias de abejas, ubicadas en Morelos (n=148), en Hidalgo (n=119), y en el Estado de México (n=145).

De cada una de las colonias se tomó una muestra de aproximadamente 30 abejas vivas. Las abejas se trasladaron al laboratorio en cajas de cartón modificadas que permitieron mantener vivas a las abejas durante su traslado al laboratorio.

Las abejas se introdujeron vivas en tubos de 15ml y se colocaron en un ultracongelador a -80°C para sacrificarlas y preservar el ARN. Para la extracción del ARN se utilizó trizol y se llevó a cabo utilizando 15 abejas que se homogenizaron en nitrógeno líquido. La síntesis de ADN complementario se llevó a cabo utilizando el kit Verso cDNA Synthesis y se realizó con 800ng de ARN por reacción.

El diagnóstico del virus de las alas deformes se realizó mediante RT-PCR. Utilizando los iniciadores diseñados por Chen *et al* (2005) y por Guzmán-Novoa *et al* (2012). El producto de la PCR se resolvió en geles de agarosa al 1.2% que se tiñeron con Gel Red y se visualizaron con luz ultravioleta.

La prevalencia del virus de las alas deformes se estimó dividiendo el número de colonias positivas entre el total de colonias incluidas en el estudio.

Para determinar si existen diferencias en la prevalencia del virus de las alas deformes en las colonias que de las que se tomaron muestras en Morelos, Hidalgo y Estado de México, los datos se analizaron por medio de una prueba de homogeneidad.

Resultados y discusión

De las 412 colonias de abejas que se incluyeron en el estudio, 194 resultaron positivas y 218 resultaron negativas al virus de las alas deformes. Con base en estos resultados, la prevalencia estimada del virus para las colonias que se analizaron fue de 0.47.

De las 148 colonias ubicadas en el estado de Morelos, 31 resultaron positivas y 117 negativas al virus, lo que da como resultado, una prevalencia de 0.21 para las colonias de Morelos.

De las 145 colonias que se muestrearon en el Estado de México, 89 fueron positivas al virus y 56 negativas, de tal forma que la prevalencia del virus de las alas deformes en las colonias analizadas del Estado de México fue de 0.61.

De las 119 colonias de abejas que se incluyeron de Hidalgo, 74 resultaron positivas al virus de las alas deformes y 45 negativas. La prevalencia del virus de las alas deformes en las colonias ubicadas en el estado de Hidalgo fue de 0.62.

Se encontró que la distribución de colonias positivas y negativas al virus de las alas deformes no fue homogénea en los tres estados incluidos en el estudio ($\chi^2=66.569$; $n=412$; $P<0.01$). La prevalencia del virus de las alas deformes en las colonias ubicadas en el estado de Morelos, fue menor que la prevalencia del virus en las colonias ubicadas en el Estado de México y en Hidalgo (Figura 1).

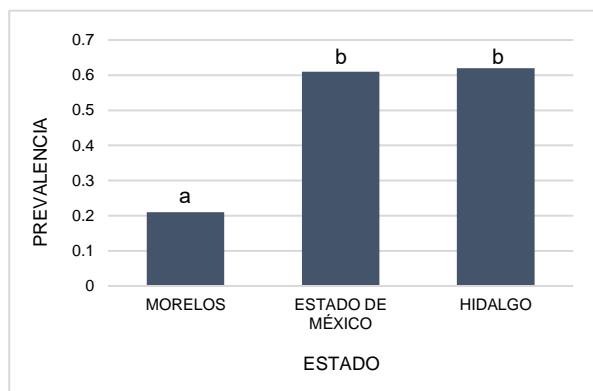


Figura 1. Prevalencia del virus de las alas deformes en colonias de abejas ubicadas en los estados de Morelos, Estado de México e Hidalgo. Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos con base en una prueba de homogeneidad ($P<0.01$).

La prevalencia del virus de las alas deformes fue menor en las colonias de abejas ubicadas en Morelos que en las colonias ubicadas en Hidalgo y Estado de México. No se encontraron diferencias entre la prevalencia del virus en las colonias ubicadas en el estado de Hidalgo y la prevalencia de las colonias ubicadas en el Estado de México.

Conclusiones

El 47% de las colonias de abejas que se incluyeron en el estudio resultaron positivas a la presencia del virus de las alas deformes.

La prevalencia del virus de las alas deformes fue significativamente menor en las colonias de abejas que se localizaron en el estado de Morelos que en las colonias que se localizaron en Hidalgo y en el Estado de México.

Referencias bibliográficas

1. Ball, B.V., 1983. The association of *Varroa jacobsoni* with virus diseases of honey bees. *Exp. Appl. Acarol.* 19, 607–613.

2. Bowen-Walker, P.L., Martin, S.J., Gunn, A., 1999. The transmission of deformed wing virus between honeybees (*Apis mellifera* L.) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. J. Invertebr. Pathol 73, 101–106.
3. Chen, Y.P.; Higgins, J.A.; Feldlaufer, M.F. Quantitative real-time reverse transcription-PCR analysis of Deformed Wing Virus infection in the honeybee (*Apis mellifera* L.). Appl. Environ. Microbiol. 2005, 71, 436–441.
4. Guzman-Novoa E, Hamiduzzaman M, Espinosa-Montañó L, Correa-Benítez A, Anguiano-Baez R, Ponce-Vázquez R (2012) First detection of four viruses in honey bee (*Apis mellifera*) workers with and without deformed wings and *Varroa destructor* in Mexico, Journal of Apicultural Research, 51:4, 342-346, DOI: 10.3896/IBRA.1.51.4.08.
5. Yue, C.; Genersch, E. RT-PCR analysis of Deformed Wing Virus in honeybees (*Apis mellifera*) and mites (*Varroa destructor*). J. Gen. Virol. 2005, 86, 3419–3424.

SEROPREVALENCIA DE ARTERITIS VIRAL EQUINA (AVE) EN MUESTRAS REMITIDAS AL CENASA PARA EL DIAGNÓSTICO DE ANEMIA INFECCIOSA EQUINA (AIE).

Jesús Bastida-López*, José-Jaime Robles-García, Raúl Ramírez-López, Diana-Laura Nájera-Estebanjuán, Emilio Venegas-Cureño, Carlos-Enrique Jasso-Villazul.

Centro Nacional de Servicios de Diagnóstico en Salud Animal (CENASA), SENASICA.

*Autor para correspondencia: jesus.bastida@senasica.gob.mx

Palabras clave: Arteritis Viral Equina, Anemia Infecciosa Equina, Suero Sanguíneo.

Introducción

La Arteritis Viral Equina (AVE) es una enfermedad infecto contagiosa, exclusiva de los équidos, que causa aborto y afecta el tracto respiratorio; debe su nombre a las lesiones inflamatorias características producidas en los pequeños vasos sanguíneos, especialmente en las arteriolas de un animal infectado de forma aguda. El virus causante de esta enfermedad ha sido reclasificado como miembro de la subfamilia *Equarterivirinae*, género *Alphaarterivirus*, en el orden *Nidovirales* y renombrado como *Alphaarterivirus equino* (Peter, 2021). Es un virus de ARN monocatenario, pequeño, envuelto y de sentido positivo. Uno de los aspectos relevantes de este agente viral es que aproximadamente el 30 % de los potros sementales luego de una infección primaria pueden convertirse en portadores. Esta enfermedad se encuentra erradicada en Japón, Islandia y Nueva Zelanda (Peter, 2021). Por otro lado, se ha reportado en países de América del Norte, América del Sur, Europa, Asia, África, Australia y Nueva Zelanda (Timoney y McCollum, 1993). Con base a los reportes de brotes y en la evidencia de los resultados serológicos, se ha observado, que el virus de la AVE está distribuido en la población equina a nivel mundial y solo se han reportado seis epidemias de AVE en los últimos 40 años: cinco de ellas en los EUA, de las cuales cuatro fueron a nivel de hipódromo y una a nivel de campo (Timoney y McCollum, 1993). La otra epidemia se registró en España a nivel de campo (Monreal et al., 1995). Sin embargo, se encuentra presente en poblaciones de caballos de muchos países de todo el mundo y parecen ir en aumento (OMSA, 2013). Un factor importante que contribuye a este cambio es el continuo aumento en el volumen movimientos internacionales de caballos y del comercio de germoplasma equino (Peter, 2021). En México la AVE se encuentra clasificada como exótica y se encuentra enlistada dentro del grupo 1 del Acuerdo mediante el cual se dan a conocer en los Estados Unidos Mexicanos las enfermedades y plagas exóticas y endémicas de notificación obligatoria de los animales terrestres y acuáticos, publicado en el Diario Oficial de la Federación (SEGOB, 2018.). Este grupo se notifica de manera inmediata y obligatoria. A pesar de la importancia de los equinos en México, existen escasos reportes de prevalencias de ésta enfermedad y que pudiera estar afectando su producción, especialmente en los equinos que son mayormente movilizados.

Objetivo

Determinar la seroprevalencia de Arteritis Viral Equina en sueros sanguíneos remitidos al CENASA para el diagnóstico de Anemia Infecciosa Equina.

Materiales y métodos

Se trabajó un total de 1152 sueros sanguíneos remitidos al CENASA para el diagnóstico de Anemia Infecciosa Equina. La principal función zootécnica de estos equinos es deporte y la característica en común es que son movilizados para participar en competencias. Las muestras consideradas para este estudio comprende el periodo de enero a mayo de 2024. Los sueros fueron divididos en dos grupos: positivos a AIE (153) y negativos a AIE (999). Las muestras fueron seleccionadas proporcionalmente de acuerdo a su disponibilidad por estado de la república. Para determinar la seropositividad de la AVE en los sueros, se empleó un kit comercial de inmunoensayo ligado a enzimas (ELISA) y se realizó la lectura de las placas en una densidad óptica de 450 nm (OD 450). Estableciendo como positivos aquellos que obtuvieran un porcentaje M/P (Muestra /Control positivo) > de 60%, dudoso a partir de $\geq 50\%$ M/P y $\leq 60\%$ M/P; finalmente el negativo con un M/P $\leq 50\%$. Asimismo, se determinó la correlación de ambas enfermedades mediante el coeficiente de correlación phi Φ .

Resultados y discusión

En el grupo de muestras seropositivas a AIE, la prueba de ELISA detectó 4 sueros positivos a AVE correspondiendo cada uno a los siguientes estados, Chihuahua, Ciudad de México, Guanajuato y Veracruz, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Muestras seropositivas a AVE por grupo y por estado.

Estado	Grupo de muestras + AIE		Grupo de muestras - AIE	
	Número de muestras POSITIVAS a AIE para análisis	Número de muestras POSITIVAS a AVE	Número de muestras NEGATIVAS a AIE para análisis	Número de muestras POSITIVAS a AVE
Chihuahua	20	1	45	0
Ciudad de México	4	1	283	3
Guanajuato	1	1	17	0
Hidalgo	3	0	9	1
Jalisco	3	0	50	1
México	18	0	178	7
Michoacán	10	0	17	1
Quintana Roo	1	0	23	1
San Luis Potosí	2	0	9	1
Veracruz	39	1	58	0
TOTAL		4		15

En el grupo de muestras negativas a AIE, se detectaron 15 sueros positivos a AVE; 3 correspondieron a la Ciudad de México de un total de 287 muestras analizadas para este estado, 1 para hidalgo de un total de 12, 1 para Jalisco de 53 analizadas, 7 al Estado de México de 196 muestras analizadas y es el estado con mayor número de muestras positivas, 1 al estado de Michoacán de 27 muestras, 1 al estado de Quintana Roo de un total de 24 muestras y finalmente 1 positivo al estado de San Luis Potosí de un total de 11 muestras analizadas. Cabe señalar que de las 1152 muestras analizadas se detectaron 7 muestras como sospechosas las cuales se excluyeron para la estimación de la prevalencia relativa y el análisis de correlación. Al considerar todas las muestras en su conjunto, se obtuvo una prevalencia aparente del 1.7%. Cabe señalar que para este trabajo se estimó la prevalencia relativa con una prueba tamiz como es ELISA, además es importante considerar qué, de acuerdo con la organización mundial de la sanidad animal (OMSA), ELISA es una prueba recomendada para determinar la prevalencia de la infección – vigilancia; sin embargo para determinar la prevalencia real de la enfermedad debemos de considerar que de acuerdo con la OMSA la seroneutralización es el método que se utiliza para confirmar la infección en casos/brotes sospechosos de AVE, así también es empleada para determinar el estado inmunitario en animales determinados o en poblaciones postvacunación (OMSA, 2013). Por otra parte, ayuda a determinar la ausencia de infección en animales determinados. Respecto al coeficiente de correlación phi, se determinó un valor de 0.0297 el cual sugiere poca o ninguna correlación entre la presentación de ambas enfermedades.

Conclusiones

De acuerdo al número de muestras consideradas en este estudio, existe una prevalencia relativa 1.7% para la enfermedad de la Arteritis Viral Equina.

De acuerdo al coeficiente de correlación phi, existe poca correlación respecto a la presentación de Arteritis Viral Equina en función de Anemia Infecciosa Equina.

Agradecimientos

Agradecemos a los compañeros del área serología del CENASA, por la facilitación de las muestras empleadas para este estudio.

Referencias bibliográficas

1. Peter J. Timoney, MVB. (2021). Arteritis Viral Equina (Celulitis epizoótica-conjuntivitis, Tifoidea equina, Rotlaufseuche). Manual MDS Manual Veterinario. Disponible en: <https://www.msdvetmanual.com/generalized-conditions/equine-viral-arteritis/equine-viral-arteritis?mredirectid=842>
2. Timoney, P.J. and McCollum, W.H. Equine Viral Arteritis. In: The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice on Infectious Diseases. Editor: Josie L. Traub-Dargatz, W.B. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania, USA, pp. 295-309, 1993.
3. OMSA (2013). Arteritis Viral Equina (Infección por el Virus de la Arteritis Equina). Capítulo 3.6.10. Versión 2013. Disponible en: <https://www.woah.org/es/que-hacemos/normas/codigos-y-manuales/acceso-en-linea-al-manual-terrestre/>
4. Monreal L.; Villatoro A. J.; Hooghuis H.; Ros I.; Timoney P. J. (1995). Clinical features of the 1992 outbreak of equine viral arteritis in Spain., 27(4), 301–304. Doi:10.1111/j.2042-3306.1995.tb03081.x
5. SEGOB 2018. ACUERDO mediante el cual se dan a conocer en los Estados Unidos Mexicanos las enfermedades y plagas exóticas y endémicas de notificación obligatoria de los animales terrestres y acuáticos. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5545304&fecha=29/11/2018#gsc.tab=

SEROPREVALENCIA DE AGENTES VIRALES EN CERDOS CRIOLLOS ALOJADOS EN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BAJA DENSIDAD EN EL ESTADO DE HIDALGO.

María José Segura-Peñaflie¹, José Francisco Rivera-Benítez^{2*}, Yasmin De Loera-Ortega³, Adelfa del Carmen García-Contreras³, Julio César Rodríguez Montoya³

¹Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Municipio Francisco I. Madero, Hidalgo.

² CENID-SAI. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

³Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, CDMX.

*Autor para correspondencia: rivera.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Porcino, sanidad, epidemiología.

Introducción

Las enfermedades virales causan gran preocupación dentro de la porcicultura debido a las devastadoras pérdidas económicas que provocan (**Núñez-Domínguez et al., 2016**). Aunado a lo anterior, son un problema que deterioran la salud y productividad animal, lo que genera un impacto negativo en la porcicultura nacional (**FAO, 2010**).

Actualmente existe evidencia serológica de la presencia de virus del Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino (PRRS), virus de Influenza (IP) y *Rubulavirus*, causante de la enfermedad de Ojo Azul (EOA) en una cuarta parte de la población porcina (granjas tecnificadas y semitecnificadas de mediana a alta densidad), sin embargo, no existe información disponible sobre la presencia de estas enfermedades en cerdos criollos. Los cerdos criollos se caracterizan por poseer una piel gruesa y habitualmente oscura, a nivel productivo, su composición corporal y lento crecimiento son condiciones frecuentemente identificadas, con la capacidad de infiltrar grasa a nivel muscular, lo que le proporciona un sabor exquisito, jugosidad y terneza a la carne, tal es el caso del cerdo criollo *Ts'üdi Xirgo* del Valle del Mezquital, en el estado de Hidalgo.

Aunado a lo anterior, poco se sabe sobre aspectos de salud de los cerdos criollos, no obstante, sus características de resiliencia y rusticidad los hacen menos susceptibles a enfermedades, sin embargo, aquellas enfermedades de etiología viral pueden estar presentes y ser diseminadas entre estos u otras razas y comprometer sus capacidades productivas y reproductivas (**Sierra-Vásquez et al., 2016**).

Objetivo

El objetivo de este estudio fue determinar la seroprevalencia de agentes virales (PRRS, IP y RvPo) en cerdos criollos alojados en sistemas de producción de baja densidad.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en el estado de Hidalgo. Se realizó un estudio descriptivo transversal durante 11 meses. Se analizó una población de cerdos criollos de la raza *Ts'üdi Xirgo* que se encontraban en diferentes etapas fisiológicas, estos cerdos son ingresados a manejo reproductivo a partir de los 6 meses de edad, su alimentación está diseñada bajo un sistema acorde a la etapa productiva y elaborada de acuerdo con los requerimientos nutricionales, las instalaciones cuentan con ventilación natural, comederos portátiles y bebederos automáticos tipo chupón. Los cerdos se encuentran alojados en tres tipos de corrales, con piso de cemento, corrales de rejilla y fosa de deyecciones y corrales de tierra.

De la población antes mencionada, se colectaron 76 muestras de sangre mediante punción venosa para obtención de sueros de campo (n=39). Las muestras fueron analizadas para determinar la seroprevalencia frente a tres agentes virales de importancia económica en México: vPRRS, vIP y Rubulavirus porcino (EOA). Para el diagnóstico serológico se utilizaron paquetes comerciales de ensayo de inmunoabsorción indirecta ligada a enzimas (ELISA) para el caso de los dos primeros agentes virales, empleándose los paquetes CIVTEST® SUIS PRRS A/S y ID Screen® Influenza A, respectivamente. Mientras que, para la detección del *Rubulavirus porcino* se utilizó la técnica de inhibición de la hemaglutinación (IHA) (**Diosdado et al., 2004**).

El ensayo inmunoenzimático se basó en una prueba indirecta con la capacidad de detectar IgG del cerdo, los resultados fueron interpretados como un porcentaje del índice relativo (IRPC) y cociente S/P, respectivamente. Los resultados obtenidos de los ELISA para la detección de anticuerpos contra vPRRS y vIP fueron expresados en valores de densidad óptica (DO) por lo que, posterior a la validación de las

pruebas, se realizaron los cálculos para la interpretación de estos. Se consideraron muestras positivas aquellas con valores superiores a 20.0 para el caso de vPRRS y 0.4. para vIP. Para el caso de la IHA se realizaron diluciones dobles seriadas utilizando 8 unidades hemaglutinantes, el resultado fue expresado como título de anticuerpos, siendo positivo un título mayor a 1:16.

Resultados y discusión

Los resultados de los ensayos inmunoenzimáticos para PRRS e IP fueron negativos en cuanto a detección de anticuerpos (**Figuras 1 y 2**), sin embargo, en el caso de la EOA, la prueba de inhibición de la hemaglutinación (IHA) resultó ser positiva para el 96.61% de la población de estudio (**Figura 3**). Hernández *et al.* (2004) mencionan que se consideran como positivas cuando se presentan títulos iguales o mayores a 1:16; en este estudio los títulos de anticuerpos fueron de 1:32 (10.16%), 1:64 (67.79%) y 1:128 (18.64%).

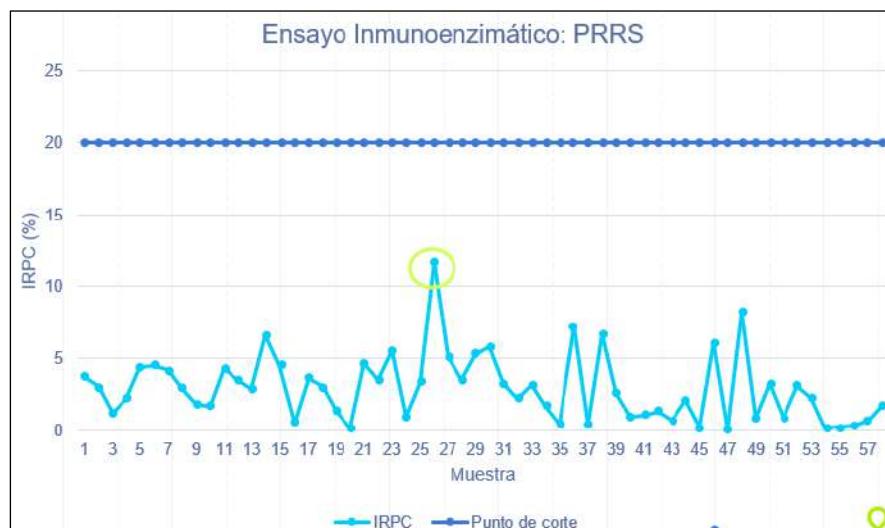


Figura 1. Resultados del ensayo inmunoenzimático contra PRRS.

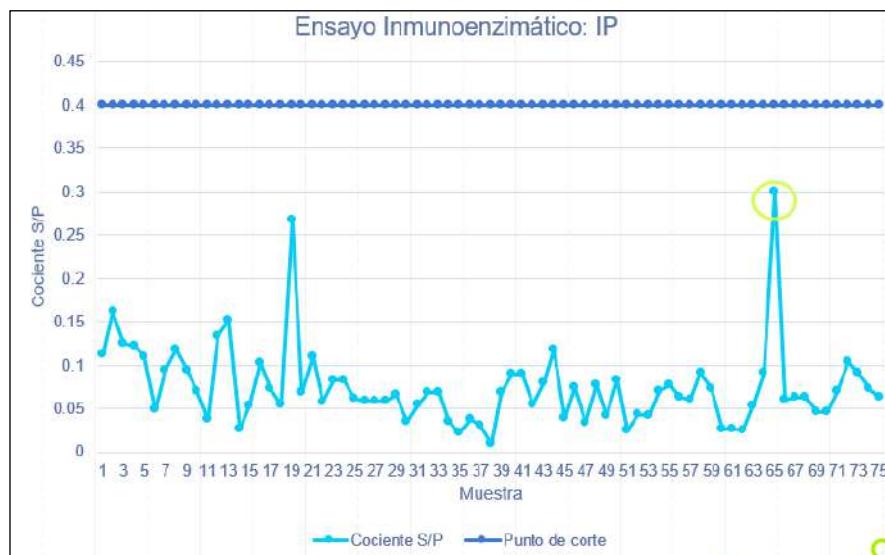


Figura 2. Resultados del ensayo inmunoenzimático contra IP.

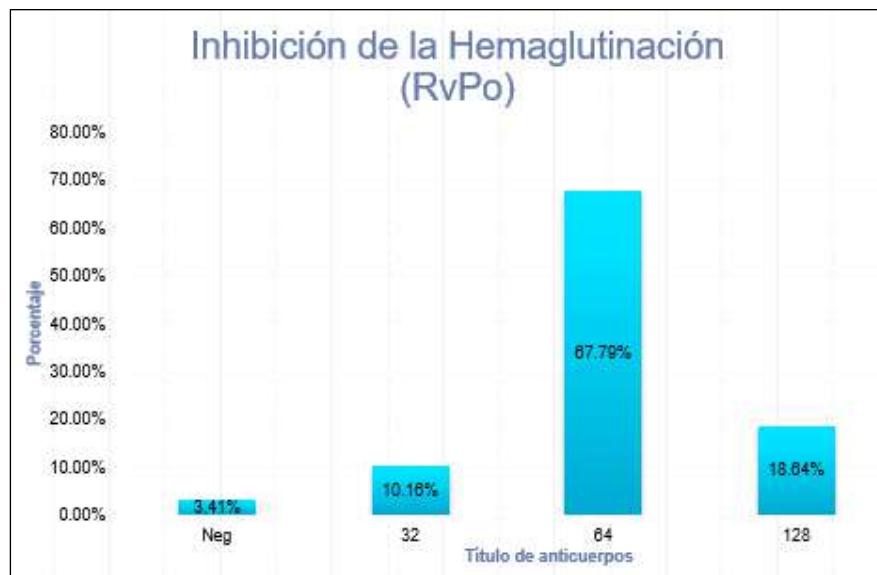


Figura 3. Resultados de la inhibición de la hemaglutinación contra RvPo.

Conclusiones: Los resultados demuestran que no se presentaron anticuerpos contra vPRRS y vIP en el periodo evaluado, sin embargo, se presentaron anticuerpos contra *Rubulavirus* en cerdos criollos alojados en sistemas de producción de baja densidad. Debido a esto, es fundamental aplicar medidas de control que eviten la diseminación de esta enfermedad. Asimismo, se recomienda realizar análisis complementarios de laboratorio para determinar la posible carga viral, ya que estos resultados indican exposición previa, y no necesariamente infección o circulación viral reciente.

Agradecimientos

El procesamiento y análisis de las muestras fue realizado en el laboratorio de virología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) perteneciente al instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), bajo la asesoría del Dr. José Francisco Rivera Benítez, los recursos fueron otorgados parcialmente por el proyecto FONSEC-SAGARPA-CONACYT-292826: “Desarrollo, producción y validación de biológicos y sistemas diagnósticos de nueva generación basados en la biotecnología para contribuir en la prevención y control de las enfermedades que afectan la producción pecuaria en México”.

Referencias bibliográficas

1. Diosdado F., González D., Moles L., Morilla A. 2004. Asociación entre anticuerpos contra el virus del síndrome disgenésico y respiratorio porcino y anticuerpos contra otros patógenos. Veterinaria México. 35(2):148-152.
2. FAO. 2010. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Ed. Barbara Rischkowsky y Dafydd Pilling. Roma, Italia.
3. Hernández J., Reyes J., Ramírez H., Valenzuela O., Zenteno E. 2004. Características de la respuesta inmune de cerdos infectados con el rubulavirus porcino. Vet Mex. 35(1):1-10.
4. Núñez-Domínguez R., Ramírez-Velverde R., Saavedra-Jiménez L., García-Muñiz J. 2016. La adaptabilidad de los recursos zoogenéticos criollos, base para enfrentar los desafíos de la producción animal. Arch Zootec. 65(251):461-468.
5. Sierra-Vásquez Á., Ortiz-Ortiz J., Bojórquez-Cat J., Canul-Solís M., Tamayo-Canul J., Rodríguez-Pérez J., Sanginés-García J., Magaña-Magaña M., Montes-Pérez R., Segura-Correa J. 2016. Conservación y uso sustentable del cerdo pelón en Yucatán. Quehacer Científico en Chiapas. 11(1):13-28.

DISTRIBUCIÓN NO HOMOGÉNEA DE LA SEROPOSITIVIDAD FRENTE A SEROVARES PATÓGENOS DE LEPTOSPIRA spp. EN ANIMALES DOMÉSTICOS DE NUEVO LEÓN, MÉXICO.

Jesús Francisco Chávez-Sánchez¹, Lucio Galaviz Silva², Rubén Cervantes Vega¹, Ramiro Avalos-Ramírez^{1*}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Campus de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Cuerpo Académico de Epidemiología Veterinaria, Francisco Villa s/n, Colonia Ex-Hacienda El Canadá, 66054 Escobedo, Nuevo León, México.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Ciudad Universitaria. Ave. Universidad S/N. CP66455. San Nicolás de los Garza Nuevo León, México

*Autor para correspondencia: ramiro.avalosrm@uanl.edu.mx

Palabras clave: Leptospirosis, animales domésticos, seroepidemiología.

Introducción

La leptospirosis es una enfermedad zoonótica bacteriana, la cual es considerada como una de las principales enfermedades tropicales desatendidas en América Latina y la de mayor morbilidad en el mundo (Karpagam y Ganesh 2020). Esta enfermedad posee una alta incidencia en zonas con clima tropical y subtropical. Sin embargo, también se ha reportado en áreas de clima templado y semiáridos con importantes índices de seroprevalencia (Guzman-Barragan et al, 2021). En animales domésticos, las infecciones suelen ser agudas y evolucionar a una forma crónica. La fase aguda se caracteriza por un síndrome icterico-hemorrágico, mientras que en la fase crónica suele observarse problemas reproductivos, principalmente en animales de producción. Esto se traduce a pérdidas económicas no cuantificables para los productores de zonas áridas y semiáridas. La serología, a través de la prueba de microaglutinación en campo oscuro (MAT), es el método de mayor uso para el diagnóstico la leptospirosis debido a su alta sensibilidad y especificidad. La MAT detecta anticuerpos séricos, los cuales son específicos frente a las diferentes serovariiedades y por tanto una valiosa herramienta en estudios epidemiológicos (Goris & Hartskeerl 2014). Los sistemas de vigilancia son una estrategia importante para la prevención y control de enfermedades, especialmente para la detección precoz y oportuna, la identificación de zonas de riesgo y la detección de serovariiedades específicas de una región.

Objetivo

El presente estudio tuvo como objetivo conocer y analizar las diferencias en la frecuencia serológica frente a serovariiedades patógenos *Leptospira spp* en animales domésticos selectos de Nuevo León, México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el estado de Nuevo León ubicado en el Noreste de México entre los años 2023 y 2024. Un total de 1,534 muestras de suero se obtuvieron a partir de 6 diferentes especies de animales domésticos. Entre ellos ovinos (N=613), caprinos (N=560), bovinos (N=149), cerdos (N=93), equinos (N=61), caninos (N=40) y gallinas (N=18). Las muestras de sangre fueron obtenidas por venopunción dependiendo de la especie animal. La sangre fue centrifugada a 2,500 rpm por 5 minutos y el suero almacenado -20°C hasta su procesamiento. La MAT con antígeno vivo fue utilizada para la detección de anticuerpos anti-*Leptospira* en los diferentes animales acorde a Goris y Hartskeerl 2014. Los antígenos utilizados corresponden con una batería de 10 serovariiedades diferentes pertenecientes a 3 especies patógenas de *Leptospira*: *L. interrogans* serovares Bratislava, Canicola, Icterohaemorrhagiae, Pomona, Pyrogenes, Hardjoprajitno, Wolffi; *L. kirschneri* serovar Grippotyphosa; *L. borgpetersenii* serovar Tarassovi, Hardjobovis. Las muestras que demostrarán una aglutinación ≥ 50% a uno o más serovariiedades a partir de una dilución 1:100 fueron consideradas como positivas. La seroprevalencia calculada en relación a la presencia de anticuerpos frente a *Leptospira* se estimó de manera general y por especie animal de manera individual mediante las fórmulas: Animales seropositivos/ Total de animales analizados*100, Animales seropositivos por especie animal/Total de animales analizados por especie*100.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran las sero-reacciones obtenidas por especie animal y por serovariiedad patogénica de *Leptospira spp* analizadas. Del total de animales analizados el 23.1% (355/1534) mostraron anticuerpos

contra todas las diez serovariedades examinadas. Esto refleja la amplia dispersión de la Leptospirosis en los animales estudiados. No obstante, la distribución de frecuencia serológica de las serovariedades fue no homogénea observándose su distribución de la siguiente forma: Hardjoprajitno 42.0%, Icterohaemorrhagiae 11.8%, Bratislava 11.0%, Pyrogenes 7.9%, Pomona, Canicola y Hardjobovis 5.6%, Wolffii 4.8%, Grippotyphosa 3.4% y Tarassovi 2.3%. Notablemente el serovar Icterohaemorrhagiae fue reconocido serológicamente por todas las especies animales. Por el contrario el serovar Hardjobovis solo fue reconocido por sueros de caninos y caprinos. Por especie animal la frecuencia de seropositividad también no fue homogénea. De las muestras obtenidas en los bovinos el 24.8% resultó positivo al menos a una serovariedad de *Leptospira* donde el 70.7% presentó anticuerpos frente a la serovar Hardjoprajitno, el 25.3% a la serovariedad Pyrogenes y el 4% a la serovar Icterohaemorrhagiae. Los equinos presentaron una prevalencia del 36.1%, principalmente a las serovariedades Grippotyphosa con 36.4%, Tarassovi 22.7%, Bratislava 18.2%, Wolffii 13.6% e Icterohaemorrhagiae 9.1%. Los caninos presentaron una prevalencia general de 32.5% donde el 46.2% resultó positivo a la serovariedad Hardjobovis, el 38.5% a Icterohaemorrhagiae y 7.7% a Canicola y Hardjoprajitno. Los caprinos tuvieron una seroprevalencia del 24.8%, donde el 47.5% presentó anticuerpos contra la serovariedad Hardjoprajitno, el 11.5% a Bratislava e Icterohaemorrhagiae, el 10.1% a Hardjobovis, el 7.2% a la serovariedad Wolffii, el 5% a Canicola, el 3.6% a Pomona, el 2.2% a Pyrogenes y el 1.4% a Tarassovi. En cuanto a los cerdos, el 23.7% resultó seropositivo a leptospirosis, donde el 63.6% presentó aglutininas contra la serovariedad Bratislava, el 13.6% a la serovariedad Canicola, el 9.1% a las serovariedades Icterohaemorrhagiae y Grippotyphosa y el 4.5% a Pomona. Los ovinos mostraron una prevalencia del 12.2%, presentando el 38.7% anticuerpos frente a Hardjoprajitno, 13.3% a Icterohaemorrhagiae, 12.0% a las serovariedades Canicola y Pomona, 8% a Pyrogenes, 6.7% a Bratislava, 5.3% a Wolffii, 2.7% a Grippotyphosa y 1.3% a Tarassovi. Interesantemente, el 50% de las gallinas presentaron anticuerpos frente a *Leptospira*, donde el 55.6% presentaron anticuerpos contra la serovariedad Grippotyphosa y el 44.4% frente a la serovariedad Icterohaemorrhagiae. Por otra parte se observó una amplia variación en la concentración de anticuerpos con títulos en rangos de 1:100 a 1:6,400. No obstante, el 62.0% de los animales presentaron títulos de 1:100, el 20.0% a 1:200, el 8.2% a 1:400, el 4.5% a 1:1,600, el 4.2% a 1:800 y 0.6% a 1:3,200 y 1:6,400. La leptospirosis es una enfermedad zoonótica con nidalidad natural, por lo que existen serovariedades de *Leptospira* que están adaptadas a una o varias especies animales y hacia los cuales no les causa problemas clínicos perceptibles. Sin embargo, estos animales actúan como portadores asintomáticos teniendo la capacidad de diseminar la enfermedad y ocasionar brotes en especies animales no adaptadas. La serovariedad Hardjoprajitno es una serovariedad adaptada a los rumiantes en general, ocasionándoles problemas reproductivos. Sin embargo, se ha visto que en otras especies suele ocasionarles un síndrome anictérico caracterizado por insuficiencia renal. Mientras que, la serovariedad Icterohaemorrhagiae es una cepa adaptada a los roedores, principalmente ratas y ratones, los cuales suelen ser los principales animales que diseminan a través de la orina la enfermedad. Infecciones por esta serovariedad suelen causar el conocido síndrome de Weil caracterizado por un síndrome icterohemorrágico que suele desembocar en la muerte del animal. Las prevalencias de los animales obtenidos en este trabajo fueron menores en comparación a otros estudios realizados en otros estados con clima tropical, los cuales presentaron prevalencias superiores a 50% como el obtenido en Veracruz, en el cual los autores obtuvieron una prevalencia de 92.7% en caprinos y en Tamaulipas, donde obtuvieron prevalencias de 100% en perros, 70.8% en equinos y 52% en bovinos (Gabriel-Vejar et al 2022; Méndez et al 2013). A pesar de que se establece una resistencia por parte de las gallinas a la leptospirosis, en estudios previos se han detectado anticuerpos contra diferentes serovariedades de *Leptospira* en estos animales. No obstante, y hasta la fecha, aún no se ha establecido el rol que juegan las aves en la epidemiología de la leptospirosis o si estos animales son capaces de diseminar la bacteria (Mevada et al 2020).

Conclusiones

Se detectó que los animales domésticos en Nuevo León han estado expuestos a infecciones por distintos serovares patogénicos del género *Leptospira*. La presencia, frecuencia y distribución de las serovariedades en las especies animales de Nuevo León sugiere que las serovariedades patogénicas muestran dinámicas epidemiológicas diferentes.

Tabla 1. Frecuencia de anticuerpos frente a serovariiedades patogénicas de *Leptospira spp* en diferentes especies de animales domésticos seropositivos de Nuevo León.

Serovariedad	Especie Animal							Leptospira Sero-reacciones	
	Bovinos (N=149)	Equinos (N=61)	Caninos (N=40)	Caprinos (N=560)	Ovinos (N=613)	Cerdos (N=93)	Gallinas (N=18)	Total	%
Bratislava	0	4	0	16	5	14	0	39	11.0
Canicola	0	0	1	7	9	3	0	20	5.6
Icterohaemorrhagiae	3	2	5	16	10	2	4	42	11.8
Grippotyphosa	0	8	0	0	2	2	0	12	3.4
Pomona	0	0	0	5	9	1	5	20	5.6
Pyrogenes	19	0	0	3	6	0	0	28	28
Hardjoprajitno	53	0	1	66	29	0	0	149	42.0
Tarassovi	0	5	0	2	1	0	0	8	2.3
Wolffi	0	3	0	10	4	0	0	17	4.8
Hardjobovis	0	0	6	14	0	0	0	20	5.6
Seropositivos especie	Total % 50.3	75 36.1	22 32.5	13 24.8	139 12.2	75 12.2	22 23.7	9 50	355 ---- 23.1

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados e investigación son parte del apoyo brindado por parte de CONAHCYT mediante una beca al primer autor.

Referencias bibliográficas

1. Gabriel-Véjar BL, Vazquez-Luna D, Martínez-Herrera DI, Villagómez-Cortés JA, Leyva-Ovalle OR, Torres-Barranca JI, Zarza-Villanueva H. 2022. Spatial distribution models of seroreactive sheep to *Leptospira* spp. In Veracruz, México 69: 1913-1922.
2. Goris MGA, Hartskeerl RA. 2014. Leptospirosis serodiagnosis by the microscopic agglutination test. Current Protocols in Microbiology 6: 12E.5.1-12E.5.18.
3. Guzman-Barragán B, Martínez-Rodriguez L, Tobón-Torreglosa J, Tafur-Gomez G. Seroprevalence and risk factors for *Leptospira* spp. in small ruminants of semi-arid zone in northeastern Colombia. Trop. Anim. Health Prod 2021; 54: 10. doi: 10.1007/s11250-021-03019-0.
4. Karpagam KB, Ganesh B. (2020). Leptospirosis: a neglected tropical zoonosis infection of public health importance-an updated review. European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases 39(5): 835-846
5. Mevada Y, Palkhade R, Chattpadhyay UK, Kanani A, Raj A, Banik A, Bhattacharyya S, Sarkar S, Gupta N, Parmar J. (2020) Serological Survey of Leptospirosis among Poultry Farm and Slaughterhouse Workers and its Co-relation with the Risk Factors. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 9(9): 3556-3571.
6. Méndez C, Benavides L, Esquivel A, Aldama A, Torres J, Galvadón D, Meléndez P, Moles L. (2013). Pesquisa serológica de *Leptospira* en roedores silvestres, bovinos, equinos y caninos en el Noreste de México. Revista de Salud Animal 35: 25-32.

IDENTIFICACIÓN Y PERFIL DE RESISTENCIA A ANTIMICROBIANOS EN PATÓGENOS AISLADOS DE LECHE CRUDA Y QUESOS FRESCOS DE CABRA DE SISTEMAS FAMILIARES EN MÉXICO.

Israel Daniel Ricardo-González^{1*}, Laura Hernández-Andrade¹, Edith Rojas-Anaya², Gary García-Espinosa³ y Susana Elisa Mendoza Elvira⁴

¹CENID SAI INIFAP, ²CNRG INIFAP, ³FMVZ UNAM, ⁴FES-C UNAM

*Autor para correspondencia: dricardo007@hotmail.com

Palabras clave: Leche cruda, queso fresco, resistencia antimicrobiano.

Introducción

En México los sistemas de producción de leche caprina se han polarizado creando una brecha abismal entre ellos, por un lado, existen aquellos cuyos propietarios cuentan con una mayor capacidad de inversión económica, nivel educativo y aceptación de tecnología productiva, denominados sistemas especializados. En el otro extremo se encuentran los sistemas familiares que son unidades productivas que se conforman de pequeños rebaños manejados directamente por un pastor, el cual realiza todas las actividades de manejo con ayuda de la familia. En términos generales, estas unidades productivas no cuentan la infraestructura adecuada, tienen bajos índices productivos y son deficientes en el manejo higiénico de la ordeña y en la elaboración de quesos; lo que se traduce en alimentos que pueden ser reservorios de agentes causantes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA).

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue identificar los agentes bacterianos potencialmente patógenos, así como su susceptibilidad a antimicrobianos a partir de muestras de leche cruda y quesos frescos, obtenidos de 6 unidades familiares de producción caprina de las regiones norte, centro y sur de México.

Materiales y métodos

Se muestrearon dos unidades de producción que fueran representativas de las principales zonas de producción de quesos frescos de cabra, siendo: San Juan de Guadalupe Durango (Zona norte del país) denominadas D01 y D02, Cadereyta, Querétaro (Zona centro) denominadas Q01 y Q02 y Escárcega, Campeche (Zona sur) denominadas C01 y C02. Se tomaron muestras de leche cruda directamente del tanque de almacenamiento en recipientes estériles de 50 ml de capacidad, así mismo se tomaron de 2 a 3 muestras de queso elaborado a partir del tanque de leche muestreado. La muestra de queso se obtuvo una vez elaborado el queso y pasado su tiempo de desuero, se envolvió en el empaque habitual usado por productor para comercializarlo y en los casos en los que no se manejaron empaques, se pidió introducir las muestras en bolsas de plástico estériles de cierre hermético. Las muestras fueron transportadas en condiciones de refrigeración hasta su llegada al laboratorio de bacteriología en el CENID Salud Animal e Inocuidad del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Tanto las muestras de leche cruda como las de quesos frescos fueron preparadas de acuerdo con el protocolo descrito en la NOM-110-SSA1-1994, y fueron sembradas en agar Sangre y MacConkey para el caso de *Salmonella* se siguió el protocolo descrito en la NOM-114-SSA1-1994, así como siembra de colonias sospechosas en medios cromogénicos específicos para esta bacteria. Adicionalmente las muestras se sembraron en medios enriquecidos como: Medio Farrel para aislamiento de *Brucella*, caldo listeria como medio pre-enriquecimiento y agar Listeria para el aislamiento de *Listeria monocytogenes*. La identificación de las bacterias se realizó mediante tinción de Gram y pruebas bioquímicas de bacteriología tradicional. Los perfiles de susceptibilidad se realizaron mediante el método de Kirby-Bauer, utilizando sensidiscos con los siguientes antimicrobianos para microorganismos Gram positivos: Ampicilina (AM), Cefotaxima (CFX), Ciprofloxacina (CPF), Clindamicina (CLM), Eritromicina (E), Penicilina (PE), Tetraciclina (TE), Cefalotina (CF), Dicloxacilina (DC), Gentamicina (GE), Sulfametoxazol Trimetroprim (STX) y Vancomicina (VA), mientras que para los microorganismos Gram negativos se utilizó: Ampicilina (AM), Carbenicilina (CB), Cefalotina (CF), Cefotaxima (CFX), Ciprofloxacina (CPF), Cloranfenicol (CL), Nitrofurantoína (NF), Amikacina (AK), Gentamicina (GE), Netilmicina (NET), Norfloxacina (NOF) y Sulfametoxazol Trimetropim (STX). El análisis de los datos se les aplica estadística descriptiva, mientras que para la comparación de los perfiles de resistencia entre microorganismos aislados en leche cruda y quesos frescos se utilizó la prueba U de Mann-Whitney.

Resultados

Se logró aislar *Staphylococcus aureus* a partir de leche cruda en 5 de los 6 establecimientos muestreados, en las 6 se lograron aislar cepas de *Staphylococcus coagulasa negativos (SCN)*, en todas las muestras se lograron aislar diversas especies de *Streptococcus*, en dos muestras se logró identificar *Enterococcus faecalis* y en las muestras Q01 y C01 se lograron aislar *Listeria ivanovii* y *Listeria welshmeri*, así como *Bacillus cereus* respectivamente. En el caso de patógenos Gram negativos en todas las muestras se logró aislar *E. coli*, en tres muestras se logró aislar *Pseudomonas aeruginosa*, en Q01 se aisló *Klebsiella pneumoniae* y en Q01 y C02 se aislaron cepas de *Salmonella spp*, mientras que en Q02 y D02 se logró aislar *Proteus vulgaris* y *Proteus mirabilis* y en la muestra C02 se aisló *Citrobacter koseri*. Para el caso de los quesos en todas las muestras se aisló *S. aureus* y en 5 *Staphylococcus coagulasa negativo*, en todas se aisló especies de *Streptococcus* y en 3 se aislaron cepas de *Enterococcus faecalis*. Con respecto a las bacterias Gram negativas en todas las muestras se aislaron cepas de *E. coli*, en 4 muestras se aisló *Proteus mirabilis*, en 3 se aislaron cepas de *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii* y *Enterobacter aerogenes*. En ninguna de las muestras se logró aislar alguna cepa de *Brucella*. (Tabla 1) El 50% de los microorganismos Gram positivos aislados de leche cruda presento resistencia para antibióticos como AM, CFX, CLM, PE, TE, CF y DC, todos los aislados de *Staphylococcus*, *Streptococcus* y SCN presentaron un 100% de resistencia a PE y la cepa aislada de *E. faecalis* fue resistente a VA. Las bacterias Gram negativas aisladas de leche cruda el 71% de los microorganismos aislados presento resistencia para AM, CB, CF, CF, NF y GE; el 100% de las cepas de *P. aeruginosa* fue resistente a AM y el 80% a AK. El perfil de resistencia mostrado por los microorganismos Gram positivos aislados a partir de quesos frescos fue muy similar, el 83% de los microorganismos aislados fue resistente a AM, CFX, PE, TE, CF y DC; las cepas aisladas de *Streptococcus dysgalactiae* y *E. faecalis* fueron resistentes a AM, así como el 100% de las cepas de *S. aureus*, *S. dysgalactiae*, *S. agalactiae* y SCN presentaron un 100% de resistencia para PE, mientras que para los microorganismos Gram negativos el 75% de los aislamientos presento resistencia a AM, CB, CPF y GE; el 100% de las *E. coli* aisladas fueron resistentes a AM, el 80% de las *P. aeruginosa* fueron resistentes a AM, NF y NOF, por otro lado el 80 % de las cepas de *Proteus mirabilis* fue resistente a CB, CF y GE (Grafica 1 y 2). Al realizar la comparación de los promedios generales de resistencia para bacterias obtenidas de leche versus las obtenidas en quesos mediante la prueba de U de Mann-Whitney no se encontró diferencia significativa (Tabla 2).

Discusión

En cuanto a los microorganismos identificados en este trabajo coinciden con lo reportado por Merchán Castellanos et al., 2018 en quesos frescos, con la salvedad de que en el presente trabajo se logró aislar más diversidad de patógenos. La presencia de *S. aureus* y otros cocos positivos en las muestras puede ser atribuida a la manipulación poco higiénica del producto, es comparable con lo reportado por Merchán et al., 2019. La presencia de enterobacterias como *K. pneumoniae*, *C. freundii*, *E. coli* que no forman parte de la microbiota normal del queso, se pueden atribuir malas condiciones de higiene en el proceso de obtención de leche así como de manufactura del queso y coinciden con lo reportado por (Costanzo et al., 2020; Merchán et al., 2019). El patrón de resistencia presentado por *S. aureus* y SCN fue mayor que lo reportado por (da Silva Abreu et al., 2021) específicamente para PE (25% contra el 100% reportado en el presente trabajo), en el caso del perfil de resistencia de las bacterias Gram negativas fue muy similar a lo reportado por (Krahulcová et al., 2022) en muestras de leche cruda. El hecho de encontrar especies del género *Listeria* representa una probabilidad muy alta de poder encontrar *Listeria monocytogenes* en este tipo de producto.

Conclusiones

En este estudio se evidenció la presencia de bacterias consideradas patógenas y causantes de enfermedades transmitidas por alimentos en leche cruda y quesos frescos de cabra producidos en sistemas familiares, poniendo de manifiesto el impacto de la falta de buenas prácticas pecuarias y de manufactura en estas unidades productivas manifestándose como contaminación por bacterias que pueden ser causantes de ETA's, lo cual implica un riesgo a la salud pública aunado al creciente perfil de resistencia a los antimicrobianos que presentan estos microorganismos.

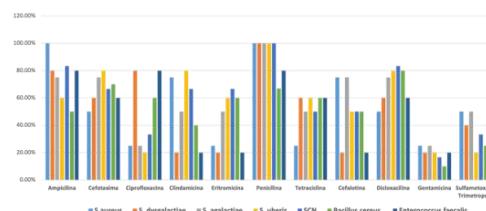
Fuente financiadora

Recursos autogenerados del laboratorio de bacteriología animal. CENID SAI INIFAP-SADER.
CONACYT-Programa de Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. FMVZ UNAM

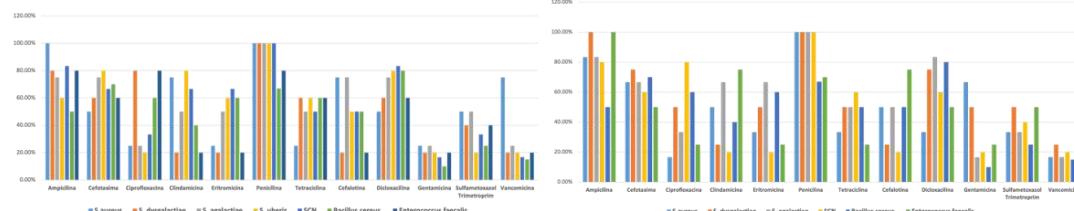
Tabla 1. Aislamientos bacterianos obtenidos a partir de muestras de leche y quesos frescos de cabra producidos en sistemas familiares.

Aislamientos bacterianos en quesos frescos de cabra										Aislamientos bacterianos en tanques de leche cruda de cabra													
Gram +	Q01					Q02					Gram +	Q01					Q02						
	<i>Staphylococcus aureus</i> SCN	<i>Staphylococcus aureus</i> SCV	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	<i>Streptococcus uberis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>		<i>Staphylococcus aureus</i> SCN	<i>Streptococcus uberis</i>	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>		<i>Staphylococcus aureus</i> SCN	<i>Streptococcus opacitatis</i>	<i>Streptococcus uberis</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>		<i>Staphylococcus aureus</i> SCN	<i>Streptococcus opacitatis</i>	<i>Streptococcus uberis</i>	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	
	<i>E. coli</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>E. coli</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Citrobacter freundii</i>		<i>E. coli</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>		<i>E. coli</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Citrobacter freundii</i>
	<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>E. coli</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>E. coli</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>		<i>E. coli</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Proteus vulgaris</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Citrobacter freundii</i>
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Proteus vulgaris</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>E. coli</i>	<i>Citrobacter koseri</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Bacillus cereus</i>
	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>		<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>		<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>		<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	

Perfil de resistencia a antimicrobianos en patógenos Gram + aislados a partir de leche cruda de cabra



Perfil de resistencia a antimicrobianos en patógenos Gram + aislados a partir de queso fresco de cabra



Grafica 1. Perfil de resistencia de microorganismos Gram positivos aislados de leche cruda y quesos frescos de cabra.

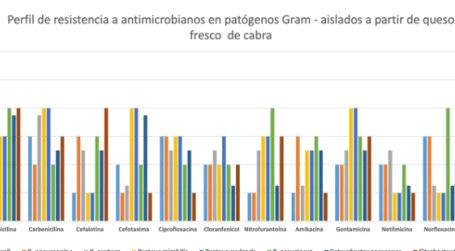
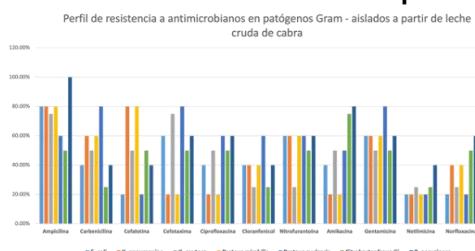


Tabla 2. Comparación de los promedios de porcentajes de resistencia de bacterias Gram positivas y negativas aisladas de leche y queso fresco de cabra.

	Gram positivos			Gram negativos		
	Leche	Queso	P	Leche	Queso	P
Ampicilina	79.67	86.67	0.31	75.00	68.33	0.534
Cefotaxima	66.33	67.08	1.00	50.71	62.5	0.366
Ciprofloxacina	36.67	45.00	0.62	48.57	38.33	0.628
Clindamicina	58.33	40.42	0.78	52.14	47.5	0.945
Erytrromicina	44.33	42.50	0.90	42.86	55	0.181
Penicilina	100.00	100.00	1.00	38.57	45	0.295
Tetraciclina	49.00	48.33	0.79	53.57	48.33	0.628
Gentamicina	54.00	36.25	0.24	47.86	44.16	1.00
Cefalotina	69.67	62.92	0.71	60.00	58.33	0.731
Nitrofumetoxazol	21.32	38.32	0.53	24.29	35.00	0.181
Norfloxacina	38.67	39.17	0.89	36.43	44.16	0.628
Vancomicina	31.33	19.58	0.37	34.29	38.33	0.731
Sulfametoxazol						
Trimetropirim						

Referencias bibliográficas.

- Costanzo, N., Ceniti, C., Santoro, A., Clausi, M. T., & Casalinuovo, F. (2020). Foodborne Pathogen Assessment in Raw Milk Cheeses. *International Journal of Food Science*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/3616713>
- da Silva Abreu, A. C., Matos, L. G., da Silva Cândido, T. J., Barboza, G. R., de Souza, V. V. M. A., Munive Nuñez, K. V., & Cirone Silva, N. C. (2021). Antimicrobial resistance of *Staphylococcus* spp. isolated from organic and conventional Minas Frescal cheese producers in São Paulo, Brazil. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4012–4022. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19338>
- Krahulcová, M., Cverenkárová, K., Olejníková, P., Micajová, B., Koreneková, J., & Bírošová, L. (2022). Characterization of Antibiotic Resistant Coliform Bacteria and Resistance Genes Isolated from Samples of Smoothie Drinks and Raw Milk. *Foods*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/foods11091324>
- Merchán Castellanos, N. A., Pineda Gómez, L. M., Cárdenas Parra, A. K., González Neiza, N. C., Otálora Rodríguez, M. C., & Sánchez Neira, Y. (2018). Microorganismos comúnmente reportados como causantes de enfermedades transmitidas por el queso fresco en las Américas, 2007-2016 | Merchán Castellanos | Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. *Revista cubana de higiene y epidemiología*, 56, 1.6. <https://docs.bvsalud.org/leisref/2018/03/290/alcohol-192-codex-unido.pdf>
- Merchán, N., Zurymar T, S., Niño, L., & Urbano, E. (2019). Determinación de la inocuidad microbiológica de quesos artesanales según las normas técnicas colombianas. *Revista chilena de nutrición*, 46(3), 288–294. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182019000300288>

PREDICCIÓN DE METABOLITOS ENERGÉTICOS MEDIANTE TECNOLOGÍA INFRARROJA EN LA LECHE: ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ENTRE DIFERENTES SISTEMAS PRODUCTIVOS Y RAZAS.

Marco Aurelio Ramirez-Mauricio^{1*}, Diana Giannuzzi¹, Lucio Flavio Macedo-Mota¹, Hugo Toledo-Alvarado², Stefano Schiavon¹, Erminio Trevisi¹, Ricardo Negrini^{3,4}, Marco Nocetti⁵, Enrico Sturaro¹, y Alessio Cecchinato¹

¹Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment (DAFNAE), University of Padova, Legnaro, Italy; ²Departamento de Genética y Bioestadística, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México, ³Department of Animal Science, Food and Nutrition (DIANA), Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy; ⁴Italian Association of Breeders (AIA), ⁵Consorzio del formaggio Parmigiano Reggiano, Italy.

*Autor para correspondencia: mvz.ramirezmauricio@gmail.com

Palabras clave: Biomarcadores, metabolitos sanguíneos, espectroscopia Infrarroja.

Introducción

En las últimas décadas, se ha logrado aumentar considerablemente la producción de leche por vaca (Dillon et al., 2006). Este incremento conlleva un alto costo energético, especialmente al inicio de la lactación (Grummer et al., 2004). La incapacidad física para cubrir esta demanda energética provoca un balance energético negativo en las vacas lecheras, por lo que se activan vías metabólicas alternas para movilizar reservas energéticas (Esposito et al., 2014). Sin embargo, la acumulación de los metabolitos resultantes de estas vías, combinada con deficiencias nutricionales, puede afectar adversamente la salud de las vacas. Además, los problemas metabólicos suelen detectarse tarde, lo que retrasa la recuperación, afectando la producción y fertilidad. De acuerdo con sus características, el monitoreo mediante marcadores sanguíneos utilizando la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (**FTIR**) en muestras de leche es una herramienta que podría ser especialmente útil para detectar vacas susceptibles a enfermedades metabólicas y nutricionales. Lo que permitiría intervenciones tempranas para mejorar la salud y bienestar del ganado (Giannuzzi et al., 2022; Giannuzzi et al., 2023).

Objetivos

i) Evaluar la variabilidad de biomarcadores energéticos sanguíneos predichos a través de la leche con espectroscopia FTIR, y ii) Explorar las fuentes de variación de estos biomarcadores, enfocándose en los efectos: días en leche (**DEL**), orden de parto y sistema productivo, así como las interacciones de estos efectos con las razas empleadas por los distintos sistemas productivos.

Materiales y métodos

En este estudio, se utilizaron datos del Consorcio Parmigiano Reggiano (norte de Italia). Los metabolitos sanguíneos fueron predichos mediante espectroscopía FTIR aplicada a la leche, utilizando ecuaciones desarrolladas por Giannuzzi et al. (2023). Estos metabolitos incluyeron glucosa, colesterol, NEFA, BHB, urea y creatinina. Los datos productivos se obtuvieron del sistema de registro italiano (AIA), y los espectros FTIR del laboratorio de la Asociación Regional de Criadores de Emilia Romagna (ARAER), ambas bases de datos corresponden al periodo de enero 2022 a septiembre 2023. Las granjas fueron clasificadas en diferentes sistemas productivos mediante agrupamiento no jerárquico, teniendo en cuenta características en común. El análisis se limitó a 120 DEL, con un total de 474,307 registros de 155,993 vacas y 941 granjas. Se utilizó un modelo lineal mixto para analizar la variabilidad de los metabolitos, considerando los efectos raza, numero de parto, DEL (8 categorías de 15 días), sistema productivo, mes, año, y las interacciones raza x DEL, raza x parto y raza x sistema productivo. Además, se incluyeron los efectos aleatorios animal y granja. Posteriormente, se calcularon las medias cuadráticas mínimas (**MMC**) para las interacciones del modelo.

Resultados y discusión

Los sistemas productivos estuvieron constituidos principalmente por las razas Holstein Friesian y cruzada, con proporciones menores de las razas Brown Swiss, Simmental y la raza local Reggiana. La población presentó un promedio de 62.24 ± 33.6 DEL y 2.35 ± 1.32 partos. La producción media fue de 32 ± 10.1 kg/día de leche, con 1.08 ± 0.31 kg/día de proteína, 1.19 ± 0.39 kg/día de grasa, y una producción diaria

de energía láctea (**dMEO**) de 96.6 ± 28.89 MJ/día. La composición promedio de la leche incluyó un $3.44 \pm 0.41\%$ de proteína, $2.71 \pm 0.32\%$ de caseína, $3.79 \pm 0.79\%$ de grasa, y $4.77 \pm 0.21\%$ de lactosa, con 24.07 ± 7.45 mg/100g de urea y 2.77 ± 2.05 unidades de recuento de células somáticas (**SCS**).

En la Tabla 1 se detallan las estadísticas descriptivas obtenidas de la base de datos de calibración y el rendimiento de las ecuaciones de predicción previamente desarrolladas. También se incluyen las estadísticas descriptivas de las predicciones realizadas por la espectroscopía FTIR en la población de estudio para la lactación completa, así como para el subconjunto de datos utilizado en este estudio (120 DEL).

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de los metabolitos energéticos sanguíneos medidos y predichos mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), junto con el rendimiento predictivo de las ecuaciones de calibración

Metabolitos energéticos ¹	Medidas			Rendimiento predictivo ²		Predicciones FTIR			
	N	Media	DS	R ²	RMSE	Lactación completa ⁴		Max 120 DEL ⁵	
						Media	DS	Media	DS
Glucosa, mmol/L	1,367	4.18	0.47	0.81	0.17	4.53	0.55	4.47	0.53
Colesterol, mmol/L	1,366	5.29	1.28	0.57	0.81	5.5	1.02	5.58	1
NEFA, mmol/L	1,366	0.14	0.16	0.68	0.05	0.76	0.14	0.79	0.14
BHB, mmol/L	1,367	0.55	0.21	0.61	0.12	0.53	0.16	0.55	0.18
Urea, mmol/L	1,367	6.04	1.22	0.73	0.60	6.06	1.02	6.03	1.09
Creatinina, µmol/L	1,367	84.07	7.19	0.59	4.38	84.69	6.97	81.42	5.72

¹NEFA = ácidos grasos no esterificados; BHB = β -hidroxibutirato; ²El rendimiento de las ecuaciones de predicción se publicó en Giannuzzi et al. (2023); ³Las predicciones FTIR se refieren a la base de datos de la población antes de la edición de datos; ⁴N = 1,781,464; ⁵N = 474,307

Los resultados del ANOVA, para los efectos de interés de este estudio: DEL, orden de parto, sistema productivo y sus interacciones con la raza, son presentadas en la tabla 2:

Tabla 2. Resultados del ANOVA (F-values) para los metabolitos energéticos sanguíneos predichos mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Metabolitos energéticos ¹	Fuentes de variación					
	DEL ²	DEL × Raza	Parto	Parto × Raza	Sistema productivo	Sistema productivo × raza
Glucosa, mmol/L	14.27***	1.68*	0.53	1.66*	2.81*	2.14*
Colesterol, mmol/L	38.62***	3.02**	88.9***	4.85***	28.15***	1.54
NEFA, mmol/L	51.25***	3.03***	31.66***	4.16***	4.78**	2.35**
BHB, mmol/L	10.91***	0.84	10.28***	1.18	1.96	2.42**
Urea, mmol/L	31.84***	3.64***	78.26***	1.64	0.41	1.95*
Creatinina, µmol/L	435.19***	6.2***	2.09	2.86***	4.08**	3.44***

¹NEFA = ácidos grasos no esterificados; BHB = β -hidroxibutirato; ²DEL: días en leche; * < 0.05; ** < 0.01; *** ≤ 0.001

Los resultados de las MCM para la interacción raza x DEL muestran la estrecha relación de los metabolitos energéticos con la curva de producción. Observándose como NEFA experimenta un rápido aumento en las primeras semanas seguido de una disminución progresiva. En contraste, glucosa, creatinina y urea muestran descensos rápidos al inicio de la lactación y una recuperación gradual. El colesterol por su parte, tras un incremento inicial, se estabiliza cerca de las tres semanas y se mantiene constante. Las razas Holstein Friesian y cruzada exhiben una mayor concentración de NEFA y menores de glucosa, colesterol, urea y creatinina. Por el contrario, la raza Brown Swiss presenta niveles superiores de glucosa, colesterol,

urea y creatinina, con una menor concentración de NEFA. En cambio, las razas Simmental y Reggiana muestran variaciones intermedias entre estos extremos.

A medida que aumenta el número de parto se observa una disminución de las concentraciones de colesterol y NEFA para todas las razas. En el caso de la glucosa, la raza Holstein y cruzada mantiene una concentración estable, mientras que en las razas Simmental y Brown Swiss hay un aumento en los primeros partos seguido de una caída en partos más avanzados. Por su lado la Reggiana presenta una tendencia opuesta, con una disminución inicial y posteriormente un aumento. En cuanto a la creatinina, en la raza Holstein y cruzada se observa una disminución progresiva en partos más avanzados, mientras que el resto de las razas presenta tendencias oscilatorias. El efecto del sistema productivo dejó entre ver dos situaciones, por un lado, cambios evidentes en la concentración de los metabolitos de acuerdo con el sistema productivo para las razas Simmental, Brown Swiss y Reggiana, mientras que las razas Holstein y cruzada mantuvieron valores más constantes y se observó menores variaciones entre un sistema y otro.

Conclusiones

Este estudio confirma la utilidad que tienen la espectroscopía FTIR para monitorear biomarcadores sanguíneos a través del análisis de la leche. Las concentraciones de estos metabolitos, clave para la vigilancia de la salud del ganado, varían significativamente debido a diversos factores. Profundizar en estas variaciones podría facilitar la implementación de estrategias efectivas para el monitoreo y manejo, con el objetivo de mejorar tanto la productividad de las explotaciones como el bienestar animal. Este enfoque es especialmente relevante durante el periparto y el inicio de la lactancia, períodos críticos para la salud bovina. Los resultados de este estudio podrían contribuir al desarrollo de aplicaciones prácticas a nivel de granja en el futuro.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consorcio Parmigiano Reggiano, al laboratorio de la Asociación de Criadores de la Región de Emilia Romagna (ARAER) y al registro oficial italiano (AIA) por proporcionar los datos para este estudio.

Fuente financiadora

Esta investigación ha recibido financiamiento del programa de investigación e innovación Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el acuerdo de subvención Marie Skłodowska-Curie No. 101034319, así como del programa NextGenerationEU y del proyecto INTAQT EU H2020 (Innovative Tools for Assessment and Authentication of chicken and beef meat, and dairy products QualiTies) (<https://h2020-intaqt.eu/>).

Referencias bibliográficas

1. Dillon, P., Berry, D. P., Evans, R. D., Buckley, F., & Horan, B. 2006. Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livestock Science*, 99(2-3), 141-158.
2. Grummer, R. R., Mashek, D. G., & Hayirli, A. 2004. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 20(3), 447–470. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.013>.
3. Esposito, G., Irons, P. C., Webb, E. C., & Chapwanya, A. 2014. Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Animal reproduction science*, 144(3-4), 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.007>.
4. Giannuzzi, D., Mota, L. F. M., Pegolo, S., Gallo, L., Schiavon, S., Tagliapietra, F., Katz, G., Fainboym, D., Minuti, A., Trevisi, E., & Cecchinato, A. 2022. In-line near-infrared analysis of milk coupled with machine learning methods for the daily prediction of blood metabolic profile in dairy cattle. *Scientific reports*, 12(1), 8058. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11799-0>.
5. Giannuzzi, D., Mota, L. F. M., Pegolo, S., Tagliapietra, F., Schiavon, S., Gallo, L., P. A. Marsan, E. Trevisi & Cecchinato, A. 2023. Prediction of detailed blood metabolic profile using milk infrared spectra and machine learning methods in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 106(5), 3321-3344.

PRESENCIA DE GARRAPATAS Y SU RESISTENCIA A IXODICIDAS, Y PRESENCIA DE LOS HEMOPARÁSITOS BABESIA Y ANAPLASMA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO.

Reneh Guerrero Carrasco,^{1*2}Sara González Ruíz, Feliciano Milián Suazo²

¹Comité Estatal Para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Guanajuato: Subcomité de Rumiantes. ²Facultad de Ciencias Naturales Universidad Autónoma de Querétaro, México.

*Autor para correspondencia: mvz.rh.gro.c@gmail.com

Palabras clave: Garrapata, Ixodicidas, Guanajuato.

Introducción

Las garrapatas son ectoparásitos que causan severas pérdidas económicas a la ganadería en diferentes partes del mundo, en especial en aquellas con clima tropical y subtropical (cita). El impacto económico directo anual de las garrapatas a nivel mundial se calcula en 573 millones de dólares (Rodríguez-Vivas et al., 2017). En el caso específico de México, la infestación por garrapatas en el ganado tiene un alto impacto negativo, ya que provoca una disminución significativa de los parámetros productivos. Ocasiona pérdida de peso y reducción en el consumo de alimento, así como daño físico a la piel; un trabajo a principios de siglo estimó pérdidas por 945 millones de dólares (Grisi et al., 2022). Además del impacto directo, las garrapatas participan en la diseminación de los parásitos hematófagos babesia y anaplasma, que a su vez causan severas perdidas económicas por: mortalidad de los animales, abortos, bajas en la producción, y costos de programas de control (Bock et al., 2004). Para controlar el problema se utilizan diferentes ixodicidas, con frecuencia no de manera adecuada, lo que ha ocasionado fuertes problemas de resistencia en todo México. Las garrapatas son en sí un problema en zonas endémicas, pero este problema se agrava cuando son llevadas a zonas libres a través de la movilización no controlada de ganado, lo que está ocasionando que la garrapata se adapte a esas zonas, con las consecuencias previsibles. Además del daño directo, las garrapatas, son portadoras de parásitos que por sí solo representan una amenaza mayor para la ganadería en muchas partes del mundo: babesia y anaplasma. De esta manera, para las regiones libres es de suma importancia monitorear la presencia de garrapatas, su nivel de resistencia a los ixodicidas y la presencia de babesia y anaplasma en los animales de la región.

Objetivos

General: Determinar la presencia de garrapatas, su resistencia a los ixodicidas y la presencia de los hemoparásitos babesia y anaplasma en ganado del estado de Guanajuato.

Materiales y métodos

Se utilizó una base de datos de la Campaña Nacional para el Control de la Garrapata elaborada por el Comité de Fomento y Producción Pecuaria del Estado de Guanajuato (CFPPGTO) para los años del 2021 al 2023. De manera resumida, durante este tiempo se hizo colecta periódica de garrapatas en el ganado. Estas garrapatas fueron enviadas al Centro Nacional de Parasitología Animal (CENAPA) en Jiutepec Morelos, donde se les hicieron análisis taxonómicos para identificar especie, y pruebas de resistencia a ixodicias. Al momento de tomar las muestras de garrapatas, se tomaron también muestras de sangre del ganado, que también fueron enviadas al CENAPA para determinar la presencia de babesia y anaplasma.

Resultados y discusión

La presencia de garrapatas en el estado de Guanajuato fue mayor a lo esperado, considerando que Guanajuato es un estado tradicionalmente libre. Los municipios con mayor frecuencia de casos (lugares muestreados con presencia de garrapatas) fue Acámbaro 12%, seguido por San Luis de la Paz 9.7%, León 9.3%, San Francisco de la Unión 6.9%, Apaseo el Alto y Victoria 6.6%, Comonfort y Tarimoro 6.2%, Silao y Xichu 5%, Dolores Hidalgo 4.6% y Dr. Mora 3.5%. Se observó una mayor carga de garrapatas en hembras que en machos, con 80% de los casos. La especie de Garrapata más frecuentemente encontrada fue *Rhipicephalus microplus*, en el 78.5% de los casos, seguida por *Otobius megnini* con 11.5%, *Rhipicephalus annulatus* con 9.5% y *Dermacentor albipictus* con 0.7%. Los hemoparásitos encontrados en los animales fueron: *Anaplasma* en 5.4% de las muestras, *Babesia bovis* en el 2.3% y *Babesia bigemina* en el 1.2%. En ambos casos se observó un incremento anual en la frecuencia de estos hemoparásitos. Se puede hablar de una relación Garrapata/Hemoparasito, en general hay una marcada correlación entre la especie de

garrapata *Rhipicephalus microplus* y la bacteria *Anaplasma marginale*. Se observó que *R. microplus* es un hospedero frecuente de *Anaplasma marginale*. Muy notable para los años 2022 y 2023.

La presencia de garrapatas resistentes a ixodicias fue muy marcado en el último año de estudio, 2023. El ixodicida con más casos de resistencia fue la Flumetrina, con un 23.8%, seguido por los siguientes: Cypermectrina con un 20%, el Amitraz y la Deltametrina con 18.8%, el Diazinon con un 15%, el Coumaphos con 2.5% y el Chlorpiriphos y Fipronil con un 1.2% de los casos.

Discusión y conclusiones.

Hasta hace algunos pocos años el Estado de Guanajuato había sido reconocido como “libre de garrapata”, sin embargo, ese estatus lo ha ido perdiendo debido a frecuentes reportes de la presencia de diferentes especies de este ectoparásito; donde la especie de mayor frecuencia ha sido el *Rhipicephalus microplus*. Este hallazgo reviste la mayor importancia dado que esta garrapata es una especie especialmente conocida por su papel en la transmisión de los hemoparásitos babesia y anaplasma, parásitos que también ya fueron detectados en diferentes regiones del estado. Un problema colateral a este fenómeno es que, entre las garrapatas obtenidas en las diferentes regiones, se detectaron altos niveles de resistencia a varios de los ixodicidas utilizados en ganadería para combatir a las garrapatas. Aunque no se sabe a ciencia cierta cómo las garrapatas han llegado al estado, lo más seguro es que se deba a la indiscriminada, y poco supervisada, movilización de ganado proveniente de zonas endémicas del país. Es de suma importancia que el estado de Guanajuato tome las medidas pertinentes e implemente de manera inmediata medidas para detener la introducción de animales provenientes de zonas infectadas sin la garantía de que vienen libres de garrapata.

Agradecimientos

Al personal del Comité de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Guanajuato (CFPPGTO).

Referencias bibliográficas

1. Grisi, L., Leite, R.C., Martins, J.R.S., Barros, A.T.M., Andreotti, R., Cançado, León, A.A.P., Pereira, J.B., Villela, H.S. (2014). Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Brazilian Journal Veterinary Parasitology*. 23(2), 150–156. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612014042>.
2. Rodríguez-Vivas, R. I., Grisi, L., Pérez De León, A. A., Silva Villela, H., Torres-Acosta, J. F. D. J., Fragoso Sánchez, H., Romero Salas, D., Rosario Cruz, R., Saldíerna, F., & García Carrasco, D. (2017). Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 61. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4305>
3. Bock, R., Jackson, L., De Vos, A., & Jorgensen, W. (2004). Babesiosis of cattle. *Parasitology*, 129(S1), S247-S269. <https://doi.org/10.1017/S0031182004005190>.
4. https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/files/2021/abril/PANGarrapataBoophilus24-03-21_d14af967-d0cc-4935-a6ba-dce18add7836.pdf
5. <https://ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/49/192>
6. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-del-control-de-la-garrapata-boophilus-spp>
7. <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/campana-nacional-para-el-control-de-la-garrapata-boophilus-spp>
8. <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/11/20/1539/20112018-2005-chh-sa-2005.pdf>

ACTIVIDAD OVICIDA Y COLOCALIZACIÓN ENTRE EL ÁCIDO FERÚLICO Y EMBRIONES DE *Haemonchus contortus*.

Jorge A Cortes-Morales^{1*}, Agustín Olmedo-Juárez², David O Salinas-Sánchez¹, María de Jesús Perea-Flores⁴, Manases González-Cortazar³, Alejandro Zamilpa-Alvarez³, Pedro Mendoza-de-Gives²

¹Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación-UAEM; ²CENID SAI-INIFAP; ³Centro de Investigación Biomédica del Sur-IMSS; ⁴Centro de Nanociencias y Micro-Nanotecnologías-IPN

*Autor para correspondencia: ing_cortesmorales@yahoo.com.mx

Palabras clave: Ácido ferúlico, *Haemonchus contortus*, microscopía confocal.

Introducción

En México, el 34% de los productores depende de la cría de ovejas para sobrevivir. La producción de carne de ovino aumentó de 22.000 toneladas en 2012 a 67.000 toneladas en 2022, ubicándose en treinta de los 177 países productores de ovinos del mundo (SIAP, 2023). Sin embargo, el principal problema en todas las unidades de producción a nivel mundial para la obtención óptima de productos derivados del ganado ovino es la infección por nematodos gastrointestinales. *Haemonchus contortus* es el nematodo hematófago con más incidencia a nivel mundial causa hemorragia, anemia y muerte en los pequeños rumiantes. Debido a la resistencia que *H. contortus* ha generado hacia los fármacos sintéticos se buscan alternativas naturales que coadyuven a su control (Flay et al., 2022). Diversos metabolitos secundarios obtenidos de extractos de plantas han mostrado actividad antihelmíntica contra *H. contortus*. Recientemente, nuestro grupo de trabajo demostró la actividad ovicida de un extracto de acetato de etilo obtenido de partes aéreas de la fabácea *Chamaecrista nictitans*. Después de un fraccionamiento químico se obtuvo una fracción rica en ácido ferúlico (Af) que mostró una actividad ovicida nueve veces superior a la del extracto de origen. La información sobre el modo de acción por el cual los metabolitos secundarios inhiben la eclosión de huevos de los nematodos gastrointestinales aun es limitada.

Objetivo

Por lo anterior, en este trabajo se evaluó la actividad ovicida del estándar comercial de Af contra *H. contortus*, y en un intento de elucidar un posible modo de acción se evaluó el efecto de colocalización entre huevos embrionados de *H. contortus* y el Af mediante Microscopía Confocal de Barrido Laser.

Materiales y métodos

El estándar comercial de Af se adquirió comercialmente de Sigma-Aldrich (Merk, Alemania).

Los huevos se recuperaron a partir de heces (30 g) obtenidas directamente del recto de un ovino (19 kg de peso corporal) previamente infectado con 7,700 larvas infecciosas de *H. contortus* (Cepa resistente a ivermectina, INIFAP, México). El ovino fue tratado siguiendo la Norma Oficial Mexicana de cuidado/bienestar (NOM-062-ZOO-1999), fue alojado al interior y se alimentó con heno de alfalfa, alimento concentrado comercial y agua ad libitum. La recuperación de huevos se realizó mediante tamices secuenciales según la técnica descrita por Coles et al. (1992) con modificaciones menores.

El ensayo de inhibición de la eclosión de huevos (IEH) se realizó en placas de microtitulación de 96 pozos por triplicado y 4 repeticiones para cada concentración evaluada. El Af fue evaluado a 62.5, 125, 250 y 500 µg/mL. Agua destilada y metanol (3%) fueron usados como controles negativos y tiabendazol (100 µg/mL) como control positivo. En cada pozo se colocaron 50 µL de una suspensión acuosa que contenía un promedio de cien huevos de *H. contortus* y 50 µL de cada concentración de Af o control. Las placas se incubaron a temperatura controlada durante 48 horas. El porcentaje IEH se estimó haciendo un conteo de huevos presentes y larvas eclosionadas en un microscopio óptico y calculado mediante la ecuación:

$$IEH = \frac{\text{número de huevos}}{\text{número de larvas} + \text{número de huevos}} \times 100$$

La interacción entre el estándar comercial de Af (a 400 µg/mL) y huevos de *H. contortus* se observó con un Microscopio Confocal de Barrido Láser (CLSM 800, Carl Zeiss, Germany) sin el uso de fluoróforos. Las imágenes se obtuvieron en formato TIFF (resolución 300 ppp). El láser de 488 nm se usó para observar la fluorescencia verde (500–700 nm) y el láser de 405 nm para observar la fluorescencia azul (400–510 nm) de los huevos y el Af. Para identificar y cuantificar la colocalización y el grado de superposición entre el Af y los huevos de *H. contortus* se utilizó el programa ImageJ. El grado de colocalización se determinó

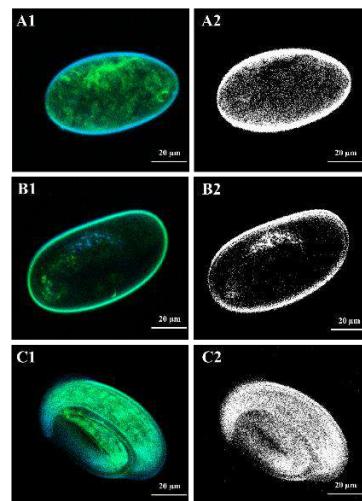
mediante el coeficiente de correlación de Pearson (R_r) y el coeficiente de superposición (r). Las micrografías en campo claro fueron tomadas con una cámara HD (Axiocam, Carl Zeiss, Germany). Los datos de IEH se analizaron mediante un diseño completamente aleatorio usando un ANOVA a través de un modelo lineal general en el programa SAS. Se realizó una prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre tratamiento y controles ($P < 0.05$). Las concentraciones efectivas requeridas para inhibir el 50 y 90% (CE_{50} y CE_{90}) de la eclosión fueron calculados mediante un análisis Probit en SAS 9.0. La comparación del coeficiente de Pearson entre huevos tratados con agua y los tratados con ácido ferúlico se realizó mediante la prueba T de Student.

Resultados y discusión

El Af mostró una IEH de $97.4 \pm 0.79\%$ a $500 \mu\text{g/mL}$, similar a la IEH mostrada por el tiabendazol ($99.91 \pm 0.15\%$ a $100 \mu\text{g/mL}$). La actividad ovicida del Af disminuyó conforme a la concentración mostrando un efecto concentración-dependiente. El análisis Probit determinó una $CL_{50} = 38.7 \pm 11.1 \mu\text{g/mL}$ y una $CL_{90} = 399 \pm 51.6 \mu\text{g/mL}$. Estos resultados son similares a lo reportado en la especie *Pterogyne nitens* (Fabaceae), a partir de la cual se aisló Af mostrando una $CE_{50} = 56 \mu\text{g/mL}$ contra *H. contortus* (Lima et al., 2021).

La **Figura 1** muestra micrografías representativas obtenidas mediante CLSM de huevos de *H. contortus* expuestos al Af (C1 y C2) y comparados con sus respectivos controles de agua (B1 y B2) y tiabendazol (A1 y A2). Al igual que el agua (**Figura 1** B1), el tratamiento con Af (**Figura 1** C1) permite el desarrollo embrionario; sin embargo, el Af provoca la muerte del embrión e impide la eclosión. El análisis permitió observar la superposición de las fluorescencias emitidas por los embriones de *H. contortus* y las emitidas por el Af (**Figura 1** C1, colocalización), indicando que el Af se une a la superficie cuticular de los embriones.

Figura 1. Micrografías representativas obtenidas mediante CLSM mostrando el aspecto de los huevos de *H. contortus* expuestos a Af y controles. A1-2) huevos tratados con tiabendazol, B1-2) huevos embrionados tratados con agua destilada, y C1-2) huevos embrionados tratados con Af. A1-C1) imágenes compuestas de la mezcla de fluorescencias verde y azul, A2-C2) imágenes procesadas con el programa ImageJ mostrando el efecto de colocalización (píxeles blancos). Escala de barra: 20 μm



Los huevos tratados con tiabendazol (**Figura 1** A2) y los huevos tratados con agua (**Figura 1** B2) muestran un bajo número de píxeles blancos y un $R_r = 0.7$ (baja colocalización) en comparación con los huevos tratados con ácido ferúlico que muestran un $R_r = 0.9$ (**Figura 1** C2). El valor de r fue superior a 0.9 en todos los tratamientos confirmando el solapamiento entre fluorescencias y la colocalización. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Cortes-Morales et al. (2023), quienes observaron colocalización entre huevos de *H. contortus* y el estándar comercial de ácido *p*-cumárico.

Conclusiones

En el presente estudio se demostró la actividad ovicida *in vitro* del ácido ferúlico puro en su forma comercial contra huevos de *H. contortus*. El análisis mediante CLSM permitió observar colocalización e identificar la adhesión del ácido ferúlico a la superficie cuticular de los embriones de *H. contortus*, causando su muerte e interrumpiendo de este modo el ciclo de vida del nematodo.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo forma parte del proyecto de posdoctorado del primer autor con numero de CVU 488853 quien agradece a CONAHCYT por la beca otorgada. Parte de este trabajo fue financiado por el INIFAP, proyecto

SIGI: 9254136498 (Efecto antihelmíntico de tres ácidos fenólicos en combinación con ivermectina sobre una población de *Haemonchus contortus* resistente a este fármaco.

Referencias bibliográficas

1. Coles GC, Bauer C, Borgsteede F, Geerts S, et al. (1992). World association for advancement in veterinary parasitology (WAAVP) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet. Parasitol.* 35–43.
2. Cortes-Morales JA, Zamilpa A, Salinas-Sánchez DO, González-Cortazar M, et al. (2023). *In vitro* ovicidal effect of *p*-coumaric acid from *Acacia bilimekii* aerial parts against *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol.* 109971.
3. Flay KJ, Hill FI, Muguiro DH, (2022). A Review: *Haemonchus contortus* infection in pasture-based sheep production systems, with a focus on the pathogenesis of anaemia and changes in haematological parameters. *Animals*, 12(10), 1238.
4. Lima CS, Pereira MH, Gainza YA, Hoste H, et al. (2021). Anthelmintic effect of *Pterogyne nitens* (Fabaceae) on eggs and larvae of *Haemonchus contortus*: Analyses of structure-activity relationships based on phenolic compounds. *Ind. Crops. Prod.* 164, 113348.
5. SIAP, 2023. Servicio de Información agroalimentaria y pesquera, 2023 Noviembre. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>

ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA DE UN ÁCIDO FENÓLICO IDENTIFICADO EN PARTES AÉREAS DE *Chamaecrista nictitans* CONTRA *Haemonchus contortus*.

Ruben Espín-Ocampo¹, Jorge A Cortes-Morales², Agustín Olmedo-Juárez^{3*}, David O Salinas-Sánchez², Manases González-Cortazar⁴, Alejandro Zamilpa-Alvarez⁴, María Eugenia López Arellano³

¹Escuela de Estudios Superiores del Jicarero-UAEM ²Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación-UAEM; ³CENID SAI-INIFAP; ⁴Centro de Investigación Biomédica del Sur-IMSS

*Autor para correspondencia:olmedo.agustin@inifap.gob.mx

Palabras clave: Ácidos fenólicos, actividad ovicida, actividad larvicida.

Introducción

En México la producción de ovinos tiene alta importancia económica, esta actividad genera 50 mil empleos directos e indirectos para 400 mil familias. Además, la producción de carne de ovino aumentó de 22.000 toneladas en 2012 a 67.000 toneladas en 2022 (SIAP, 2023). Sin embargo, la infección por nematodos gastrointestinales (NGI) ocasiona cuantiosas pérdidas económicas en las unidades de producción a nivel mundial ya que estos parásitos causan diversas enfermedades que les ocasionan pérdida de peso y eventualmente la muerte. *Haemonchus contortus* es el nematodo con mayor incidencia a nivel mundial ya que al ser hematófago causa hemorragia en estos animales hasta matarlos. Debido al uso inadecuado e indiscriminado de los antihelmínticos comerciales los NGI han generado una resistencia generalizada a la mayoría de los antihelmínticos de síntesis química, por lo que se buscan alternativas sustentables y sostenibles que ayuden a su control (Vande-Velde et al., 2018). Algunos métodos alternativos para aminorar la infestación por NGI incluyen las vacunas, selección genética, rotación de potreros, nutrición y el uso de compuestos obtenidos de extractos de plantas forrajeras (Kumar et al., 2013).

Recientemente, nuestro grupo de trabajo demostró la actividad ovicida de un extracto de acetato de etilo obtenido de partes aéreas de la fabácea *Chamaecrista nictitans*. El fraccionamiento químico del extracto permitió obtener cuatro fracciones bioactivas, una de ellas contenía mayoritariamente un ácido fenólico que se denominó AF-3 por protección para el desarrollo de un producto patentable.

Objetivo

Debido a que esta fracción mostró una actividad ovicida superior a la del extracto de origen, esta investigación se propuso evaluar la inhibición de la eclosión de huevos (IEH) y mortalidad de larvas L3 del estándar comercial de AF-3.

Materiales y métodos

El estándar comercial de AF-3 fue adquirido comercialmente de Sigma-Aldrich (Merk, Alemania). Los huevos y larvas L3 de *H. contortus* se recuperaron a partir de heces obtenidas directamente de un ovino donador (21 kg de peso corporal) previamente sometido a una infección monoespecífica (350 larvas infecciosas/kg de peso vivo, cepa INIFAP, México). El ovino fue tratado siguiendo la Norma Oficial Mexicana de cuidado/bienestar (NOM-062-ZOO-1999), fue alojado al interior y se alimentó con heno de alfalfa, alimento concentrado comercial y agua ad libitum.

La recuperación de huevos se realizó mediante tamices secuenciales según la técnica descrita por Coles et al. (1992). Las larvas infecciosas se extrajeron del material fecal mediante la técnica del embudo Baermann. Tanto el ensayo de IEH como el de mortalidad larval se realizaron en placas de microtitulación de 96 pozos por triplicado y 4 repeticiones para cada concentración evaluada. El AF-3 fue evaluado a 0.312, 0.625, 0.125 y 0.250 mg/mL en el ensayo IEH y a 5, 6, 7, 8 mg/mL en el ensayo de mortalidad larval. Agua destilada, PVP (4%) y metanol (3%) fueron usados como controles negativos y tiabendazol (0.1 mg/mL) e ivermectina (5 mg/mL) como controles positivos. En cada pozo se colocaron 50 µL de una suspensión acuosa que contenía un promedio de cien huevos o larvas L3 de *H. contortus* y 50 µL de cada concentración de AF-3 y controles. Las placas se incubaron a temperatura controlada durante 48 h para el ensayo IEH y 72 h para el ensayo de mortalidad larval. El porcentaje de IEH se estimó haciendo un conteo de huevos presentes y larvas eclosionadas en un microscopio óptico y calculado mediante la ecuación:

$$IEH = \frac{\text{número de huevos}}{\text{número de larvas} + \text{número de huevos}} \times 100$$

Para obtener el porcentaje de mortalidad se contaron el numero de larvas vivas y muertas en un microscopio óptico y se calculó mediante la ecuación:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{número de larvas muertas}}{\text{número de larvas muertas} + \text{número de larvas vivas}} \times 100$$

Los datos de IEH y mortalidad de larvas se analizaron mediante un diseño completamente aleatorio usando un ANOVA a través de un modelo lineal general en el programa SAS. Se realizó una prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre tratamiento y controles ($P < 0.05$). Las concentraciones efectivas 50 y 90 (CE₅₀ y CE₉₀) fueron calculados mediante un análisis Probit en el programa SAS 9.0.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra los porcentajes de IEH del AF-3 y sus respectivos controles. El AF-3 mostro una IEH mayor a 97% a 0.250 mg/mL similar a la del fármaco de referencia; después disminuyo casi al 50% a 0.125 mg/mL y la actividad se mantuvo sin diferencia significativa hasta 0.031 mg/mL. El análisis Probit permitió calcular una CE₅₀= 0.054 mg/mL y una CE₉₀= 0.118 mg/mL.

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos (IEH) de *Haemonchus contortus* expuestos al estándar comercial de AF-3 durante 48 h.

Tratamientos	Promedio de huevos y larvas recuperadas		IEH (% ± D.E)
	Huevos	Larvas	
Agua destilada	0.5	93	0.55±2.8 ^c
Metanol 2%	1.5	97	1.52±0.79 ^c
Tiabendazol (0.1 mg/mL)	92.5	0.5	99.46 ^a
AF-3 (mg/mL)			
0.250	96	2.5	97.48±1.02 ^a
0.125	49.5	47.25	51.17±2.38 ^b
0.062	45.75	50.75	47.45±2.35 ^b
0.031	44	51.25	46.19±1.07 ^b
Coefficiente de variación		5.16	
R ²		0.99	

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad de larvas de *Haemonchus contortus* expuestas al estándar comercial de AF-3 durante 72 h.

Tratamientos	Promedio de larvas		Mortalidad (% ± D.E)
	Vivas	Muertas	
Agua destilada	120.25	0	0 ^f
Metanol 4%	119.5	0	0 ^f
Ivermectina (5 mg/mL)	0	120.25	100 ^a
AF-3 (mg/mL)			
8	32.5	85.5	75.42±4.4 ^b
7	29.75	70.75	73.93±7.3 ^b
6	63.5	49	49.97±12.0 ^c
5	77.25	24	25.88±6.4 ^d
Coefficiente de variación			14.85
R ²			0.98

El Cuadro 2 muestra el porcentaje de mortalidad larval del AF-3 sobre *H. contortus*. El AF-3 mostró una mortalidad larval mayor a 73% desde 7 mg/mL con una CE₅₀= 6.16 mg/mL y una CE₉₀= 9.44 mg/mL. El AF-3 mostró un efecto concentración dependiente tanto en el ensayo IEH como en el de mortalidad larval. Varias especies de la familia fabácea han permitido aislar compuestos fenólicos con actividad antihelmíntica tal como taninos condensados, ácidos hidroxicinámicos y derivados del ácido gálico. Lo reportado en este trabajo concuerda con lo reportado en la especie *Caesalpinia coriaria* a partir de la cual se identificó el ácido gálico, el cual mostró una IEH mayor al 99% a 1 mg/mL y una mortalidad larval mayor al 90% a 5mg/mL (García-Hernández et al., 2019).

Conclusiones

Los resultados de esta investigación muestran que el AF-3 interrumpe el ciclo biológico de *H. contortus* a nivel de inhibición de la eclosión de huevos o matando las larvas infectantes L3 a nivel *in vitro*. Probar la eficacia del AF-3 en estudios *in vivo* son necesarios para poder avanzar en el desarrollo de un producto antihelmíntico.

Agradecimientos y fuente financiadora

Parte de este trabajo fue financiado por el INIFAP, proyecto SIGI: 9254136498 (Efecto antihelmíntico de tres ácidos fenólicos en combinación con ivermectina sobre una población de *Haemonchus contortus* resistente a este fármaco).

Referencias bibliográficas

1. Coles GC, Bauer C, Borgsteede F, Geerts S, et al. (1992). World association for advancement in veterinary parasitology (WAAVP) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet. Parasitol.* 35–43.
2. García-Hernández C, Rojo-Rubio R, Olmedo-Juárez A, Zamilpa A, et al. (2019). Galloyl derivatives from *Caesalpinia coriaria* exhibit in vitro ovicidal activity against cattle gastrointestinal parasitic nematodes. *Exp. Parasitol.* 200, 16–23.
3. Kumar N, Rao TKS, Varghese A, Rathor VS (2013). Internal parasite management in grazing livestock. *J. Parasit. Dis.* 37(2), 151–157.
4. SIAP, 2023. Servicio de Información agroalimentaria y pesquera, 2023 Noviembre.
<https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
5. Vande-Velde F, Charlier J, Claerebout E (2018). Farmer Behavior and Gastrointestinal Nematodes in Ruminant Livestock—Uptake of Sustainable Control Approaches. *Front. Vet. Sci.* 5, 255.

UN MÉTODO DE PCR MÚLTIPLE PARA LA DETECCIÓN SIMULTÁNEA DE *MOLlicutes* ASOCIADOS A PROBLEMAS REPRODUCTIVOS EN BOVINOS

Ana Victoria Zermeño-Granados¹, Ana Silvia González-Méndez², Anabelle Manzo-Sandoval^{2*}, Laura Jaramillo-Meza², Fernando Díaz-Otero², Laura Hernández-Andrade².

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, ²CENID SAI, INIFAP

*Autor para correspondencia: manzo.anabelle@inifap.gob.mx

Palabras clave: Diagnóstico, *Mycoplasma*, *Ureaplasma*.

Introducción

Las bacterias de los géneros *Mycoplasma* y *Ureaplasma* pertenecen a la clase *Mollicutes*, éstos carecen de pared celular, poseen un genoma pequeño (0.58 a 1.35 Mb) y forman colonias con apariencia de “huevo frito”. *Mycoplasma bovis*, *Mycoplasma bovigenitalium* y *Ureaplasma diversum* son especies de relevancia económica, ya que están implicadas en enfermedades reproductivas (abortos, mastitis, vulvovaginitis granular, metritis e infertilidad) en el ganado bovino. Su detección e identificación se basa en el cultivo y la serología, debido a su crecimiento lento (7 a 10 días) y a que se requieren medios de cultivo enriquecidos, la identificación de estos microorganismos puede tener varias limitaciones.

Objetivo

Desarrollar una PCR múltiple para identificar y distinguir a *Mycoplasma bovis*, *Mycoplasma bovigenitalium* y *Ureaplasma diversum*, de una manera rápida y económica.

Materiales y métodos

De la base de datos GenBank del NCBI, se descargaron las secuencias nucleotídicas del gen *uvrC* de *M. bovis* y de la región espaciadora intergénica 16S-23S del RNA ribosomal (ITS 16S-23S rRNA) de *M. bovigenitalium* y *U. diversum*. A partir de estas secuencias, se diseñaron y evaluaron iniciadores utilizando diferentes programas bioinformáticos. Por otro lado, se diseñaron dos genes sintéticos (gBlock), el primero con una secuencia específica tanto del gen *uvrC* de *M. bovis* como de la ITS 16S-23S rRNA de *M. bovigenitalium* y el segundo con una región específica de la ITS 16S-23S rRNA, de *U. diversum*, estos fueron utilizados como DNA molde en la estandarización de la PCR multiplex. Para establecer la temperatura óptima de alineamiento tanto de los tres pares de iniciadores de forma individual como en conjunto, se aplicaron gradientes térmicos que variaron desde 59 °C hasta 68 °C. Asimismo, se determinó la especificidad de esta PCR multiplex. Las reacciones de amplificación (15 µL) se prepararon utilizando buffer de reacción 5X, MgCl₂ 1.5 mM, dNTPs 0.2 mM, 10 pmol de cada primer, 0.6 U de Taq DNA polimerasa, agua libre de nucleasas y 10 ng de gblock. Las reacciones se llevaron a cabo bajo las siguientes condiciones: 5 min a 95 °C, 35 ciclos de 30 s a 95 °C, 30 s a 63 °C, 1 min a 72 °C y un ciclo de 5 min a 72 °C. Los productos amplificados fueron separados por electroforesis en gel de agarosa al 1.5%, aplicando un voltaje de 80 V durante 60 min, posteriormente el gel se tiñó con Midori Green siguiendo las instrucciones del fabricante.

Resultados y discusión

Debido a las limitaciones en el aislamiento y diferenciación de *M. bovis*, *M. bovigenitalium* y *U. diversum* en medio de cultivo, es necesario buscar estrategias que faciliten su detección. En este trabajo, se diseñaron tres pares de iniciadores para amplificar mediante una PCR multiplex, fragmentos específicos del gen *uvrC* de *Mycoplasma bovis* (429 pb), de la región ITS 16S-23S del rRNA de *U. diversum* (294 pb) y de la región ITS 16S-23S del rRNA de *M. bovigenitalium* (141 pb). El gen *uvrC* codifica para una fotolasa, enzima esencial para la replicación y la reparación del DNA, este gen ha sido utilizado ampliamente para la identificación de *Mycoplasma bovis*. En cuanto a la región ITS, se sabe que es más variable que los genes ribosómicos 16S y 23S adyacentes, por lo cual es un mejor objetivo para la identificación eficiente a nivel de especie debido a su variabilidad dentro de un género. Respecto a la temperatura óptima de alineamiento para cada par de iniciadores, esta fue de 62 °C para *Mycoplasma bovis* (Fig.1) y *M. bovigenitalium* (Fig.2), mientras que para *U. diversum* fue de 64 °C (Fig.3). En el caso de la PCR multiplex, la temperatura óptima fue de 63 °C (Fig. 4). Por otro lado, dado que esta PCR se pretende utilizar en muestras de hisopado vaginal de bovinos, es necesario considerar la presencia de otras bacterias que

pueden dar resultados falsos positivos; debido a lo anterior, se realizó una prueba de especificidad con *Streptococcus sp*, *Staphylococcus pyogenes*, *Escherichia coli*, *Klebsiella sp*, *Pseudomonas sp*, *Proteus sp*, *Staphylococcus coagulasa negativo*, *Salmonella sp* y *Staphylococcus aureus*, no observándose productos de amplificación (Fig 5), lo cual demuestra que esta prueba molecular es específica. Actualmente se están realizando ensayos para determinar la sensibilidad de la PCR multiplex propuesta.

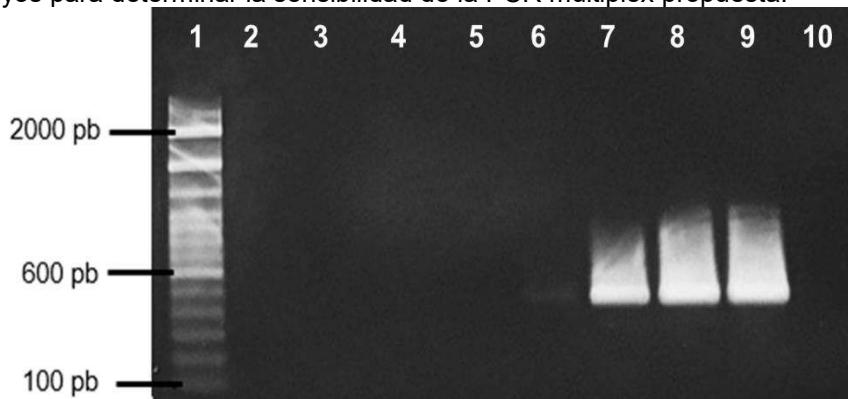


Figura 1. Gradiente de temperatura de alineamiento para *Mycoplasma bovis* (429 pb). Carril 1: Marcador de peso molecular de 100 pb, Carril 2: 68 °C, Carril 3: 67.6 °C, Carril 4: 66.8 °C, Carril 5: 65.5 °C, Carril 6: 63.9 °C, Carril 7: 62.8 °C, Carril 8: 62 °C, Carril 9: 61.5 °C, Carril 10: Control negativo.

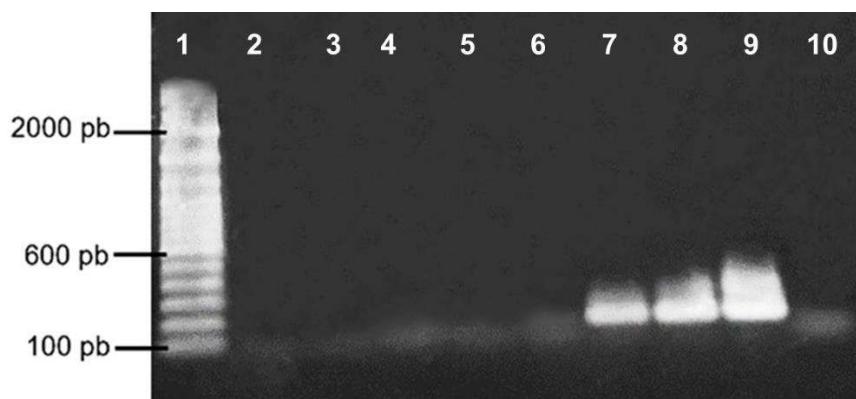


Figura 2. Gradiente de temperatura de alineamiento para *M. bovigenitalium* (141 pb). Carril 1: Marcador de peso molecular de 100 pb, Carril 2: 68 °C, Carril 3: 67.6 °C, Carril 4: 66.8 °C, Carril 5: 65.5 °C, Carril 6: 63.9 °C, Carril 7: 62.8 °C, Carril 8: 62 °C, Carril 9: 61.5 °C, Carril 10: Control negativo.

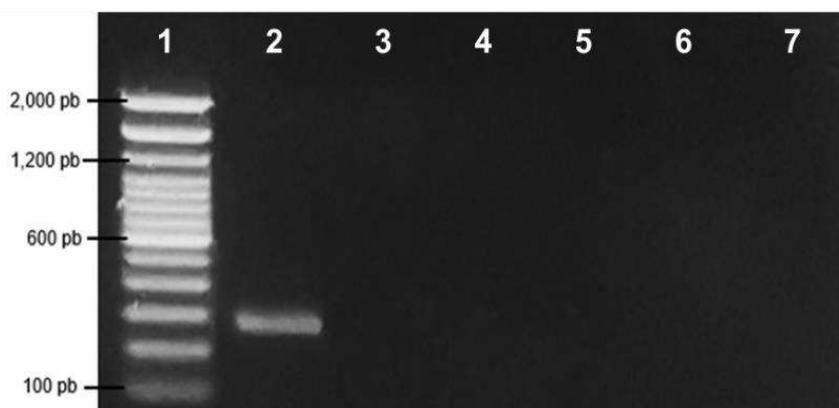


Figura 3. Gradiente de temperatura de alineamiento para *U. diversum* (294 pb). Carril 1: Marcador de peso molecular de 100 pb, Carril 2: 64 °C, Carril 3: 65 °C, Carril 4: 66 °C, Carril 5: 67 °C, Carril 6: 68 °C, Carril 7: Control negativo.

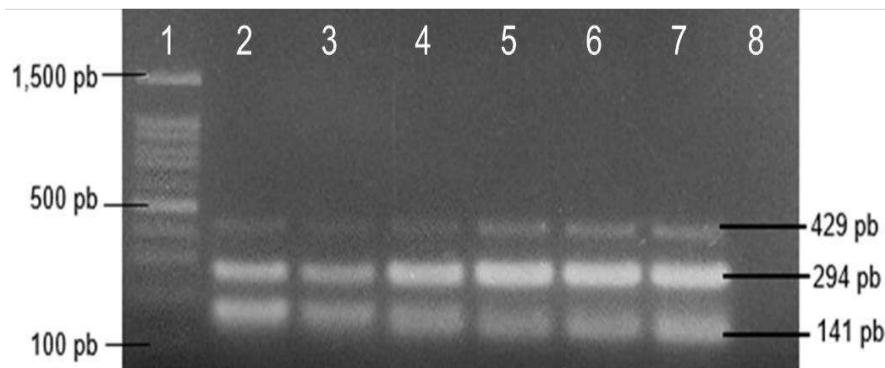


Figura 4. Gradiente de temperatura de alineamiento de *Mycoplasma bovis*, *U. diversum* y *M. bovigenitalium* en la PCR multiplex. Carril 1: Marcador de peso molecular de 100 pb, Carril 2: 59 °C, Carril 3: 60 °C, Carril 4: 60.8 °C, Carril 5: 62.1 °C, Carril 6: 63.1 °C, Carril 7: 64 °C, Carril 8: Control negativo.



Figura 5. Ensayo de especificidad. Carril 1: Marcador de peso molecular, Carril 2: *Streptococcus* sp, Carril 3: *S. aureus*, Carril 4: *E. coli*, Carril 5: *Klebsiella* sp, Carril 6: *Pseudomonas* sp, Carril 7: *Salmonella*, Carril 8: *Proteus* sp, Carril 9: *Staphylococcus coagulasa negativo*, Carriles 10 y 11: Controles positivos, Carril 12: Control negativo.

El desarrollo de herramientas rápidas y sensibles para detectar *Mollicutes* es una prioridad para el diagnóstico preciso en sanidad animal ya que los resultados obtenidos, dan a los médicos veterinarios las bases para implementar medidas de control que minimicen tanto la dispersión de estos patógenos altamente contagiosos como el impacto negativo sobre la reproducción del hato.

Conclusiones

La estrategia de PCR descrita representa una herramienta valiosa para el diagnóstico de *U. diversum*, *M. bovis* y *M. bovigenitalium*, así como para evaluar la prevalencia de estos *Mollicutes* en ganado con problemas reproductivos.

Fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el INIFAP a través del proyecto fiscal No. 11301936037 “Desarrollo y validación de una PCR multiplex para la detección de *Mollicutes* causantes de problemas reproductivos en bovinos”.

Referencias bibliográficas

1. Citti, C., Dordet-Frisoni, E., Nouvel, L. X., Kuo, C. H., & Baranowski, E. (2018). Horizontal Gene Transfers in Mycoplasmas (Mollicutes). Current issues in molecular biology, 29, 3–22. <https://doi.org/10.21775/cimb.029.003>
2. Lai, J., Lin, H., Hsu, P., Gondaira, S., Higuchi, H., & Nagahata, H. (2022). A novel polymerase chain reaction assay for the detection of seven *Mycoplasma* species of cattle origin. World journal of microbiology & biotechnology, 38(7), 128. <https://doi.org/10.1007/s11274-022-03312-6>
3. Santos Junior, M. N., de Macêdo Neres, N. S., Campos, G. B., Bastos, B. L., Timenetsky, J., & Marques, L. M. (2021). A Review of *Ureaplasma diversum*: A Representative of the Mollicute Class Associated With Reproductive and Respiratory Disorders in Cattle. Frontiers in veterinary science, 8, 572171. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.572171>

EVALUACIÓN CLÍNICA DEL TRATAMIENTO CON PLASMA RICO EN PLAQUETAS Y TERAPIA DE ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPÓREAS EN HERIDAS CREADAS QUIRÚRGICAMENTE EN LA REGIÓN METACARPIANA EN EQUINOS.

Alicia Sánchez-Alvarado^{1*}, Luz Gabriela López-Navarro¹, Alejandro Rodríguez-Monterde¹, Ramés II Salcedo-Jiménez¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor para correspondencia: aliciasancheza@comunidad.unam.mx

Palabras clave: Heridas en equinos, plasma rico en plaquetas, terapia de ondas de choque extracorpóreas.

Introducción

Las heridas que suceden en la porción distal de los miembros de los equinos son una preocupación constante para los propietarios y veterinarios de los caballos, ya que representan una pérdida económica en la industria equina. Este tipo de heridas ocurren frecuentemente, se ha mencionado que en caballos representan un 60% de todas las heridas, su tratamiento puede llegar a ser frustrante y suelen complicarse debido a mecanismos involucrados en la reparación de heridas como son: un suministro de oxígeno ineficiente, inflamación débil y persistente, la fibroplasia excesiva y la disminución de las tasas de contracción y epitelización, además, por su proximidad al suelo, las hace más propensas a contaminarse e infectarse. La presencia de estos factores contribuye al desarrollo de tejido de granulación exuberante (TGE), lo que retrasa aún más la cicatrización y como consecuencia un pobre resultado funcional y estético. Por esta razón, se han buscado nuevas opciones de tratamiento, que sean eficaces para la curación de las heridas que suceden en la porción distal de los miembros de los equinos, tal es el caso de la terapia de ondas de choque extracorpóreas (TOCE) y la aplicación de plasma rico en plaquetas (PRP). Aunque todavía se desconoce el mecanismo exacto de acción de la TOCE se cree que las ondas pueden tener efecto sobre las interacciones de célula a célula al alterar la expresión de señales bioquímicas, como factores de crecimiento y otras citocinas que son responsables de los mecanismos de reparación (Link *et al.*, 2013). Existen estudios que han utilizado la TOCE en las heridas que suceden en los miembros de los equinos en los que se han obtenido buenos resultados (Morgan *et al.*, 2009; Silveira *et al.*, 2010; Link *et al.*, 2013). Por otro lado, el PRP puede acelerar la curación del tejido porque es utilizado como una fuente de citoquinas y de factores de crecimiento, éstos son liberados después de la desgranulación plaquetaria y se incluyen el factor de crecimiento transformante β (TGF- β), el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), el factor de crecimiento similar a la insulina-I (IGF-1), el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) y factor de crecimiento fibroblástico (FGF). Por sus beneficios el PRP se ha estudiado en el tratamiento de heridas superficiales hechas quirúrgicamente en la porción distal de los miembros en equinos, con el objetivo de disminuir el tiempo de cicatrización (Pereira *et al.*, 2019).

Tanto la TOCE como el PRP se han utilizado con buenos resultados en humanos y equinos, para el tratamiento de lesiones en tendones y ligamentos (Link *et al.*, 2013). En caballos se ha estudiado *in vitro* esta sinergia, y se reportó un aumento en la expresión de factores de crecimiento del PRP, lo que podría indicar que utilizar TOCE después de la aplicación de PRP promoverá la expresión de factores de crecimiento y se reducirán otros como el TGF-B1, promoviendo una mejor reparación del tejido (Seabaugh *et al.*, 2017).

Objetivo

Determinar mediante la evaluación clínica si la TOCE y la aplicación previa de PRP tienen un efecto positivo en la cicatrización de heridas, creadas quirúrgicamente, en la región metacarpiana en equinos, comparadas con los otros tratamientos y con el grupo control.

Materiales y métodos

Se utilizaron 3 caballos sanos, a los que se les realizaron quirúrgicamente cuatro heridas en la piel de 6.25 cm² aproximadamente en cada región metacarpiana. Cada herida de la piel recibió aleatoriamente un tratamiento. El tratamiento 1 fueron las heridas control; el tratamiento 2 recibió 2.5 ml de PRP que se inyectó por vía subcutánea debajo de los bordes de la herida; el tratamiento 3 que recibió TOCE, se utilizó un

generador electrohidráulico con un aplicador focal y se aplicó una densidad de flujo de energía de 0.11 mJ/mm² con 500 pulsos/cm², la TOCE se repitió los días 7, 14 y 21; y el tratamiento 4, que recibió 2.5 ml de PRP y posteriormente TOCE bajo las mismas indicaciones que el anterior. Las heridas fueron protegidas con un vendaje, los cuales fueron cambiados diariamente por tres días y posteriormente cada tres días hasta el cierre de estas. La evaluación clínica de las heridas se realizó a los días 7, 14, 21 y 28, se calificó el aspecto general de la herida con base a la presencia de exudado y a la apariencia del tejido de granulación, se midió el tejido de granulación que sobresalía por encima de la piel y se asignó una puntuación. Se tomaron fotografías digitales y con un software de análisis de imágenes se midió cada una de las heridas, para determinar el área de neoepitelización y el área de herida que restaba, por último se calculó el porcentaje de cierre de la herida.

Se obtuvieron medias y desviaciones estándar para el porcentaje de cierre de la herida para los cuatro tratamientos. Los datos cumplieron con el criterio de homogeneidad de varianza, pero no de normalidad, por lo que se usó un modelo lineal generalizado, introduciendo como variable dependiente o de respuesta el porcentaje de cierre de la herida, como variables independientes el tratamiento, cambio de vendaje, además del caballo; al encontrarse diferencias significativas ($P<0.05$) se usó la prueba de comparación múltiple de Bonferroni. Se uso el paquete estadístico IBM SPSS Ver 28 para los análisis. En cuanto al aspecto general de la herida, así como la cantidad y la puntuación del tejido de granulación y por la naturaleza de los datos se realizaron diversas pruebas no paramétricas para analizarlos, esto dependió del número de categorías con las que contará la variable: Kruskal Wallis para las variables caballos y tratamiento, prueba de Friedman de mediciones repetidas para los días; en caso de comparar entre dos variables, se ponderaba con la variable de estudio para realizar una prueba de Ji Cuadrada.

Resultados

Se realizaron un total de 24 heridas, en cada tratamiento se incluyeron seis heridas. En cuanto al aspecto general de la herida se observó que las heridas control se reportaron frecuentemente como inflamadas comparadas con las heridas que recibieron los otros tratamientos. En los 2 caballos más jóvenes, la inflamación en la mayoría de las heridas cedió a la semana, mientras que en el caballo más viejo las heridas se observaron inflamadas hasta 14 días después de su creación. En el 95.8% de las heridas la cantidad de tejido de granulación fue entre 1 a 2 mm por encima de la piel. La evaluación clínica de las heridas también reveló, que las heridas al día 28 de la creación de estas, el área absoluta de todas las heridas se había reducido mínimo un 63%. Sin embargo, en las heridas de los caballos más jóvenes, se habían reducido mínimo un 80% y hasta un 98.6%, este último porcentaje es de una herida que se trató con PRP y TOCE. Sobre el porcentaje del cierre de las heridas, en el cuadro 1 se observan las medias y desviaciones estándar por tratamiento, además, se observa que el tratamiento PRP es mayor el porcentaje de cierre con respecto al grupo control y al tratamiento TOCE, mientras que este último tratamiento también es diferente al tratamiento PRP + TOCE, pero no al grupo control ($P<0.05$). En cuanto a los individuos, se observó que en el caballo más grande fue más lenta la reparación e incluso se necesitaron más cambios de vendaje. En cuanto a los tratamientos, aparentemente el tratamiento PRP tuvo un mayor porcentaje de cierre, en segunda instancia el tratamiento de PRP + TOCE ($P<0.05$).

Tratamiento	Media ± Desviación estándar
Control	38.42 ± 28.51 ^b
PRP	40.87 ± 29.17 ^a
TOCE	37.76 ± 30.32 ^b
PRP+TOCE	40.39 ± 30.44 ^a

Cuadro 3. Porcentaje del cierre de la herida por tratamiento.

Discusión

Las heridas que suceden en las porciones distales de los miembros equinos son una preocupación importante, ya que se asocian a complicaciones como el TGE. Este estudio sirvió para incluir nuevos tratamientos para reducir el tiempo de curación de heridas, estos tratamientos fueron evaluados clínicamente. Los hallazgos en este estudio no respaldaron la hipótesis de que las heridas creadas en la región metacarpiana tratadas con PRP y TOCE cicatrizarían más rápido en comparación con las tratadas con PRP, pero sí, si lo comparamos con la TOCE y con el grupo control. No hubo diferencias significativas entre el grupo que recibió la TOCE y el control. Si solo se toman en cuenta las medias del porcentaje del cierre de la herida con los diferentes tratamientos, observamos que el PRP más TOCE obtuvo el mayor

que fue de 92.32%, seguido del PRP con un 90.71%, en tercer lugar, la TOCE con un 90.26% y finalmente el grupo control con un 86.68%. Al final del estudio, 4 semanas después de la creación de las heridas, el área absoluta de la herida se redujo en más del 80% y hasta más del 90% en 75% de las heridas, esto fue diferente al de otros estudios donde se obtuvieron tiempos de curación de 32, 42, 56, 72 y hasta 76 días (Silveira *et al.*, 2010; Morgan *et al.*, 2009). Sobre el pobre resultado en las heridas que recibieron TOCE, suponemos que como lo menciona Silveira *et al* (2010) pudo deberse a que la primera aplicación de la terapia fue inmediatamente después de la creación de la herida y esto afectar negativamente a la reparación de la herida, debido al efecto antiinflamatorio de la TOCE que pudo haber sido perjudicial para las primeras etapas de la cicatrización, cuando lo ideal hubiera sido una fuerte respuesta inflamatoria. Sin embargo, se necesitan más estudios para identificar el momento ideal para realizar solo la TOCE y con la aplicación previa de PRP. En este estudio la cantidad y la puntuación del tejido de granulación no fueron significativamente diferentes entre los tratamientos, esto también fue reportado por Morgan y colaboradores en 2009. A pesar de que el resultado de las heridas tratadas con TOCE no fue el esperado, el tiempo de curación de las heridas (media 31 días) fue más corto que lo que se había reportado en otros estudios (media de 75 días) (Morgan *et al.*, 2009). Cuando se crearon las heridas fue bajo un ambiente estéril esto pudo haber preventido la infección, así como también el uso de los apósitos estériles. La edad de los caballos también influyó con los resultados, ya que las heridas del caballo de 20 años requirieron más cambios de vendaje, se clasificaron como inflamadas durante más días, el tejido de granulación tardó más tiempo en aparecer y los porcentajes de cierre de herida fueron menores que con los otros individuos del estudio, por lo que se recomienda para estudios futuros tener población más estandarizada.

Conclusiones

La aplicación de PRP y de PRP y la TOCE es beneficioso para tratar heridas que suceden en la porción distal de los miembros en equinos. Además, la aplicación de PRP y de PRP y TOCE puede ser útil para prevenir: la formación de tejido de granulación exuberante, la inflamación crónica y para acortar el tiempo de cicatrización de heridas que suceden en la porción distal de las extremidades de los caballos.

Agradecimientos

A todos los involucrados en el proyecto, esta investigación recibió el financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (proyecto IN221921), de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Referencias bibliográficas:

1. Link KA, Koenig JB, Silveira A, Plattner BL, Lillie BN. Effect of unfocused extracorporeal shock wave therapy on growth factor gene expression in wounds and intact skin of horses. Am J Vet Res. 2013 Feb;74(2):324-32. doi: 10.2460/ajvr.74.2.324. PMID: 23363361.
2. Morgan DD, McClure S, Yaeger MJ, Schumacher J, Evans RB. Effects of extracorporeal shock wave therapy on wounds of the distal portion of the limbs in horses. J Am Vet Med Assoc. 2009 May 1;234(9):1154-61. doi: 10.2460/javma.234.9.1154. PMID: 19405886.
3. Pereira RCDF, De La Côte FD, Brass KE, da Silva Azevedo M, Gallio M, Cantarelli C, Dau SL, Cezar AS, Inkermann MA. Evaluation of Three Methods of Platelet-Rich Plasma for Treatment of Equine Distal Limb Skin Wounds. J Equine Vet Sci. 2019 Jan;72:1-7. doi: 10.1016/j.jevs.2017.10.009. Epub 2017 Oct 14. PMID: 30929771.
4. Seabaugh KA, Thoresen M, Giguère S. Extracorporeal Shockwave Therapy Increases Growth Factor Release from Equine Platelet-Rich Plasma *In Vitro*. Front Vet Sci. 2017 Dec 7;4:205. doi: 10.3389/fvets.2017.00205. PMID: 29270410; PMCID: PMC5726030.
5. Silveira A, Koenig JB, Arroyo LG, Trout D, Moens NM, LaMarre J, Brooks A. Effects of unfocused extracorporeal shock wave therapy on healing of wounds of the distal portion of the forelimb in horses. Am J Vet Res. 2010 Feb;71(2):229-34. doi: 10.2460/ajvr.71.2.229. PMID: 20113232.

VIGILANCIA DEL VIRUS DE INFLUENZA PORCINA EN EL ESTADO DE JALISCO.

José Francisco Rivera-Benítez^{1*}, Jazmín De la Luz Armendáriz², Marta Macías García³, Suzel Guadalupe Saucedo-Cerecer⁴, Jorge Galindo Barboza¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. ³Investigadora independiente. ⁴Unión Regional de Porcicultores de Jalisco y Comité Estatal de Fomento a la Protección Pecuaria de Jalisco.

*Autor para correspondencia: rivera.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Influenza, vigilancia, epidemiología.

Introducción

La influenza es una enfermedad respiratoria aguda emergente y reemergente que afecta una gama amplia de aves y mamíferos, incluido el humano. Las principales epidemias y pandemias han sido asociadas con los virus de influenza tipo A, relacionados estrechamente con la influenza aviar y porcina. Los virus de influenza pertenecen a la familia *Orthomyxoviridae* y con base en la variabilidad antigenica de la nucleoproteína se dividen en cuatro tipos: A, B, C y D. El tipo A circula en un amplio número de especies, como: humanos, porcinos, equinos, mamíferos marinos y semiacuáticos, aves de corral y aves migratorias silvestres. Los tipos B y C se asocian principalmente con infecciones en humanos y el tipo D con infecciones en bovinos, caprinos y porcinos (1, 2, 3). Los virus de influenza comparten características estructurales como la presencia de una envoltura conformada por las glicoproteínas hemaglutinina (HA) y neuraminidasa (NA), que corresponden a los antígenos de superficie. Debido a que esta enfermedad es una zoonosis y por lo tanto de importancia en la salud pública, debe considerarse el diagnóstico temprano y oportuno del virus de influenza porcina. En los brotes típicos puede hacerse un diagnóstico presuntivo con base a los hallazgos clínicos y patológicos. Sin embargo, debe confirmarse obligatoriamente mediante aislamiento del virus o con la demostración de la presencia de anticuerpos específicos. Además, es recomendable efectuar el diagnóstico diferencial frente a otras infecciones respiratorias virales, con presentaciones clínicas similares (4). En México, los principales retos con la influenza porcina son el diagnóstico, la prevención y el control. Se ha identificado un importante efecto negativo en la producción porcina, impactando considerablemente en la economía del productor. La falta de pruebas diagnósticas actualizadas y adaptadas a la situación nacional, debido al desconocimiento de la circulación de las diferentes cepas virales, impide el desarrollo de inmunógenos adecuados para una región.

Objetivo

Aplicar una encuesta epidemiológica para la vigilancia de granjas porcinas comerciales, en el Estado de Jalisco, sospechosas a la infección con el virus de la influenza porcina.

Material y métodos

Muestras biológicas

Como parte del programa de vigilancia epidemiológica en el Estado de Jalisco, se realizaron encuestas a productores y se planificaron muestreos en granjas sin cuadros respiratorios activos, se colectaron 2600 sueros, 428 fluidos orales (FO) y 21 hisopados nasales (HN) de 107 granjas del Estado de Jalisco. Las muestras de suero fueron analizadas mediante inhibición de la hemaglutinación (IHA) para los subtipos H1N1 y H3N2, las muestras de FO y HN por RT-PCR en tiempo real.

Las unidades de producción se consideraron por región de acuerdo a la clasificación del Grupo Estatal de Vigilancia Epidemiológica (GEVE), el cual considera una regionalización de acuerdo a lo siguiente:

Región A: corresponde a las regiones norte y este, en donde existe una menor densidad de población porcina.

Región B1: Zona de los Altos Norte.

Región B2: zona de los Altos más densamente poblada.

Región B3: zona de los Altos de baja densidad poblacional.

Identificación viral

Extracción del ARN y RT-PCR en tiempo real

Las muestras de FO y HN fueron sometidas a la extracción del material genético, el procedimiento se realizó con el QIAmp Viral Mini Kit (QIAGEN), posteriormente a la cuantificación molecular, se efectuó con una RT-PCR en tiempo real dirigida a la detección del gen M del virus de influenza porcina mediante el kit TaqMan Fast Virus 1-step Master Mix (ThermoFisher Scientific).

Pruebas serológicas

Prueba de inhibición de la hemoaglutinación (IH)

La subtipificación antigénica se llevó a cabo por medio de la prueba de inhibición de la hemoaglutinación (IH) empleando lotes virales previamente (H1N1 y H3N2). La prueba de IH se realizó con diluciones dobles seriadas del suero comenzando 1:20 y finalizando en la dilución 1:5,120, se emplearon ocho unidades hemoaglutinantes de cada cepa viral. Los sueros se consideraron como suero positivo a la presencia de anticuerpos específicos en contra del subtipo viral analizado, en todos aquellos pozos en donde se observó sedimentación de glóbulos rojos y los sueros negativos serán aquellos pozos en los que se identifique hemoaglutinación. El punto de corte fue a partir de la dilución 1:80 y hasta 1:5,120, las cuales fueron consideradas como positivas.

Resultados

Se detectó 100% de seropositividad en las granjas analizadas, con diferente porcentaje de presentación de acuerdo al título de anticuerpos (Cuadro 1). Se identificó un 43.9% para H1N1 y 44.63% para H3N2. La mayor cantidad de títulos se encuentra distribuida en la clasificación de títulos bajos, lo que podría expresar una exposición previa antigua o anticuerpos derivados de inmunización.

En relación a la detección molecular, de la totalidad de las granjas analizadas (107), se presentaron 13 casos positivos ubicados en 10 granjas (9.34%), los valores de Ct en promedio de los casos positivos fue de 29.81 ± 3.21 .

Cuadro 1. Distribución porcentual de los títulos de anticuerpos por subtipo viral,

Título	Subtipo	
	H1N1	H3N2
Negativos	31.6	18.5
20	9.8	11.4
40	14.7	25.5
80	16.6	23.1
160	13.8	10.4
320	8.0	6.2
640	3.4	3.0
1280	1.5	1.1
2560	0.7	0.8
Total %	100	100

Discusión

La información obtenida en el muestreo de vigilancia, demuestra la presencia de anticuerpos contra el virus de influenza en las muestras analizadas, en las 107 granjas incluidas en el presente estudio. La detección de 13 muestras positivas a la prueba molecular, en 10 granjas en donde los cerdos no presentaban signos clínicos, está asociada al inicio de la infección viral, en el momento del muestreo, el porcentaje de positividad fue del 9%. Considerando la totalidad de las granjas comerciales del estado (1,117), se tuvo una cobertura del 9.57% de la población porcina. El estado es el principal productor de cerdo a nivel nacional y mantiene esta importante actividad como un pilar de la economía estatal. La vigilancia de los diferentes subtipos de influenza porcina refleja la necesidad de realizar estudios exhaustivos en torno a la prevalencia, circulación por estación climatológica, entre otras. Con la información obtenida se plantean

desarrollos tecnológicos asociados a pruebas de diagnóstico adaptadas a las necesidades reales, partiendo de la obtención de cepas mexicanas que sean referente en los laboratorios regionales.

Conclusiones

Se identificaron casos positivos al virus de influenza porcina, los seroperfiles realizados permitieron ubicar la distribución de títulos de anticuerpos. Con la información generada se continúan con proyectos que buscan desarrollar pruebas de diagnóstico y biológicos adaptados a las necesidades regionales, en este caso el estado de Jalisco.

Fuente financiadora

Proyecto Recursos Fiscales INIFAP. SIGI No. 7285536076.

Referencias bibliográficas

1. Ma, W., Lager, K. M., Vincent, A. L., Janke, B. H., Gramer, M. R., & Richt, J. A. (2009). The role of swine in the generation of novel influenza viruses. *Zoonoses and public health*, 56(6-7), 326–337. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2008.01217.x>
2. Yoon, S. W., Webby, R. J., & Webster, R. G. (2014). Evolution and ecology of influenza A viruses. *Current topics in microbiology and immunology*, 385, 359–375. https://doi.org/10.1007/82_2014_396
3. Ma W. (2020). Swine influenza virus: Current status and challenge. *Virus research*, 288, 198118. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198118>
4. Janke B. H. (2014). Influenza A virus infections in swine: pathogenesis and diagnosis. *Veterinary pathology*, 51(2), 410–426. <https://doi.org/10.1177/0300985813513043>

IDENTIFICACIÓN DE AGENTES INFECCIOSOS EN GANADO CRIOLLO RARAMURI DEL RANCHO EXPERIMENTAL LA CAMPANA, CHIHUAHUA.

Edith Rojas-Anaya^{1*}, Fernando Cerón Téllez², Sergio Iván Román Ponce³ Jose Alfredo Martinez Quintana⁴, Francisco Castillo Rangel⁴, Israel Daniel Ricardo González², Enrique Herrera Lopez², Manuel Gustavo Chávez Ruiz³

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP; ²CENID-Salud Animal e Inocuidad, INIFAP; ³Campo Experimental La Campana, INIFAP ⁴Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH.

*Autor para correspondencia: edith_ra23@hotmail.com

Palabras clave: Ganado criollo, complejo respiratorio bovino, virus.

Introducción

Los recursos zoogenéticos localmente adaptados por lo general se encuentran desatendidos en cuanto a esfuerzos de conservación, lo cual los hace vulnerables. Derivado de sus características especiales de adaptación a medio ambientes poco favorables se ha postulado la resistencia que tienen a enfermedades, aunque hay poca documentación científica al respecto. El INIFAP participa en la conservación de los recursos zoogenéticos mediante el manejo de hatos dentro de sus campos experimentales. Especialmente en el Estado de Chihuahua, el INIFAP en conjunto con la Asociación de Criadores de Ganado Criollo Mexicano, A.C. (ASOCRIOLLO), dan origen al hato de ganado criollo de Chihuahua en el Rancho Experimental La Campana. Sin embargo, pocos trabajos se han llevado a cabo en cuanto a determinar la presencia de agentes infecciosos en dichos animales, lo cual es relevante ya que estos al estar en sistemas extensivos de producción tienen contacto con fauna silvestre, animales ferales entre otros. Aunado a lo anterior, en los hatos de ganado criollo de manera general, el uso de tecnologías es bajo o casi nulo, esto incluyendo medidas de prevención en salud animal.

Objetivo

Identificar mediante PCR la presencia de diferentes agentes infecciosos en muestras de hisopados nasales hembras adultas de bovinos criollos del hato del Rancho Experimental La Campana del INIFAP, así como determinar la prevalencia de *Leptospira* en muestras de suero.

Métodos

Con la finalidad de identificar la presencia de virus relacionados con el complejo respiratorio bovino como: virus sincitial respiratorio bovino (VSRB), coronavirus bovino (CoVB), diarrea viral bovina (DVB), parainfluenza 3 bovino (PI3B) y herpesvirus bovino tipo 1 (IBR) se tomaron muestras de nasales de 38 hembras adultas aparentemente sanas pertenecientes al hato de ganado Criollo Raramuri del Rancho Experimental La Campana del INIFAP, ubicado en el Km 80.00 de la Carretera Chihuahua a Ciudad Juarez, Chihuahua (Latitud: 29.268502, longitud -106.388523). Lo anterior utilizando hisopos de dacrón en medio de transporte L15 con antibióticos y antimicóticos, las muestras fueron transportadas en cadena fría hasta el laboratorio. Dicho muestreo fue llevado a cabo durante el mes de febrero del año 2024. A partir de las muestras se realizó la extracción del material genético utilizando el kit comercial FavorPrep™ Viral DNA/RNA Kit y fue almacenado a -80 °C. Con el ARN extraído se sintetizó ADN complementario para utilizarlo como plantilla para la detección molecular de los virus VSRB (210 pb), CoVB (578 pb), DVB (214 pb), PI3B (233 pb) mediante PCR en punto final. Adicionalmente, utilizando el ADN extraído se amplificó un fragmento de 189 pb del genoma del IBR. Los productos de PCR fueron visualizados en geles de agarosa al 1.7%. Paralelamente, para determinar la prevalencia de la leptospirosis en el hato, se tomaron muestras de sangre para la obtención de suero y se utilizó la técnica de aglutinación microscópica (MAT) como prueba de referencia utilizando seis serovares de *Leptospira* más frecuentes en México (tres cepas de referencia: Pomona, Wolffi, Tarassovi y tres aislamientos nacionales: Hardjo (Inifap H-89), Icterohaemorrhagiae (Palo Alto) y Canicola (Portland vere)). El criterio para asignar el título de anticuerpos a cada suero fue, el último título donde se observó una aglutinación mayor al 50%, los sueros con títulos de 1:50 se tomaron como negativos y el punto de corte para un suero positivo fue a partir de 1:100.

Resultados y discusión

Derivado de los ensayos moleculares implementados en esta investigación se obtuvieron los siguientes resultados para determinar la presencia de virus relacionados con el complejo respiratorio bovino mediante la identificación de su material genético en muestras de hisopados nasales: IBR 21.1% (8/38), PI3 10.5% (4/38), VSRB 13.2% (5/38), CoVB 18.42% (7/38), no se identificaron muestras positivas a la presencia del virus de DVB. Es importante mencionar que la epidemiología de los agentes infecciosos evaluados puede ser compleja bajo las condiciones de manejo en los sistemas de producción extensiva ya que estos se encuentran libres durante una buena parte del año sin tener demasiado manejo. Lo anterior, deriva en la poca observación de los animales y por tanto la presencia de signos relacionados con los agentes infecciosos previamente descritos pueden pasar desapercibidos. Sin embargo, la presencia de estos agentes puede comprometer a los animales en su sistema inmunológico dejándolos susceptibles a la presencia de infecciones secundarias que mermen aun más su estado de salud en general.

Por otra parte, en cuanto a Leptospira, se encontró una prevalencia del 34.2%, en donde además se identificaron animales con la presencia de anticuerpos contra más de uno de los serovares evaluados. Es importante destacar que, en cuanto a medidas de prevención, los animales no han recibido ninguna vacunación contra Leptospira, los anticuerpos detectados mediante la prueba de referencia por tanto sugieren que los animales han estado en contacto con el agente.

Aunque existen registros de vacunación contra algunas bacterias, no se tiene documentado el uso de vacunas contra virus relacionados con el complejo respiratorio bovino, por lo que los resultados presentados, indican que los animales han estado expuestos a los diferentes agentes infecciosos identificados mediante el ensayo molecular utilizado en este trabajo siendo como se mencionó previamente uno de los primeros en informar el estatus sanitario de ganado criollo en el estado de Chihuahua.

Ya que en general el manejo del ganado criollo en el Estado de Chihuahua se da en condiciones extensivas, el manejo sanitario, así como las medidas de bioseguridad y control de enfermedades pueden ser un desafío. Sin embargo y derivado de los resultados presentados en este trabajo, se pueden establecer calendarios de vacunación dirigidos hacia los agentes infecciosos detectados, además evaluar algunos otros agentes que pueden representar un potencial riesgo derivado de infecciones oportunistas como algunas bacterias relacionadas con el complejo respiratorio bovino entre otras.

Conclusiones

Los trabajos de vigilancia de enfermedades infecciosas que afectan al ganado criollo bovino en México son relevantes derivado que es un recurso genético importante. Este trabajo es de los primeros dedicados a la detección de agentes infecciosos en dicho ganado y permitirá establecer medidas de control y manejo sanitario dentro del hato dirigidas a preservar la diversidad genética de este valioso recurso zoogenético nacional. Los resultados aquí presentados sugieren mantener la vigilancia epidemiológica de bovinos criollos en México como una herramienta para la conservación.

Fuente financiadora

Proyecto de apoyo a la investigación INIFAP: Proyecto de validación y transferencia de tecnología en ganadería en el Ejido Huizopa del Municipio de Madera, Chihuahua. Proyecto SIGI No. 13265236051 “Desarrollo y validación de técnicas isotermiales para una rápida detección molecular de las principales enfermedades del ganado bovino.

ENTEROPATÓGENOS CON MULTIRESISTENCIA, CONCURRENTES A ROTAVIRUS EN POTROS DEL CENTRO DE MÉXICO.

Valeria Rodríguez-Villavicencio^{1*}, Linda Bautista-Gómez¹

¹Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México.

*Autor para correspondencia: rodriguez_villavicencio@hotmail.com

Palabras claves: Rotavirus, enteropatógenos, potros, zoonosis.

Introducción

Rotavirus es el agente etiológico clave de la diarrea viral en animales jóvenes y humanos. A nivel mundial, se reporta como una de las principales causas de diarrea grave, con una estimación de 128,500 muertes anuales entre niños menores de 5 años. Junto con los humanos, una amplia gama de animales, incluidos cerdos, ganado vacuno y caballos, son susceptibles a la infección por rotavirus. El rotavirus equino del grupo A (ERVA) es el agente viral más común en potros con diarrea menores a tres meses de edad, con una prevalencia que oscila entre el 20 y el 77%. Originando signos clínicos y lesiones que atentan contra el sistema inmunológico del animal, lo que propicia la entrada de distintos enteropatógenos secundarios bacterianos a su organismo, los cuales se asocian a deformidades, síndromes, endotoxemias, sepsis y en algunos casos, la muerte; generando altas pérdidas económicas y rezago en el incremento de ejemplares en la industria ecuestre, no obstante, en el mundo existen pocos reportes de los agentes patógenos concurrentes a Rotavirus en un cuadro de diarrea en potros, y de la forma clínica que atraviesa el animal al tener dos o más enteropatógenos al mismo tiempo, sin embargo, en México no existen reportes de la presencia de estos patógenos, debido principalmente a que se administra un tratamiento para intentar eliminar un signo o frenar el desarrollo de la enfermedad sin considerar al agente causal específico y sin considerar que los animales infectados transmiten el virus y otros enteropatógenos por vía feco-oral a otros animales susceptibles de la misma o diferente especie.

Objetivos

Identificar a Rotavirus y los enteropatógenos bacterianos concurrentes, enlistar y comparar los signos clínicos que se presentan con cada agente causal y en combinación y la evolución de la enfermedad en cada ejemplar, así como evaluar la resistencia bacteriana en cada uno de los potros con diarrea de México

Materiales y métodos

Se realizó un muestreo descriptivo no experimental, transversal, no probabilístico por conveniencia, durante el periodo de Febrero 2021 a Julio 2022 de potros enfermos, sanos y muertos, en ranchos e hipicos de la zona centro de México, colectando de 5 a 10 gramos de heces, las cuales se mantuvieron refrigeradas a -20 °C para su traslado y procesamiento en el Laboratorio de Biotecnología, Biología Molecular y Genética, Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca, México; a su vez, de cada uno de los ejemplares se obtuvo una anamnesis para la recolección de datos y antecedentes, tomando en cuenta signos de la yegua madre, factores de riesgo en su lugar de residencia y especies con la que convivían. Posteriormente, mediante pruebas moleculares específicamente PCR se amplificaron parcialmente los segmentos VP7 y NSP3 utilizando primers para diagnóstico, se llevó a cabo el aislamiento bacteriológico y de cada cepa aislada se realizó un antibiograma para evaluar su perfil fenotípico de resistencia a los antimicrobiano. Se descartaron infecciones parasitarias por medio de coproparasitología y de los ejemplares muertos se realizó la necropsia para toma de muestras para su análisis en patología.

Resultados y discusión

Se recolectaron un total de 40 muestras, de las cuales 11 fueron positivas a rotavirus y en cada una de ellas se aislaron al menos cuatro bacterias distintas, entre las que destacan *Salmonella* spp., *Klebsiella* spp., *Pseudomonas* spp. y *Escherichia coli*. Del total de cepas aisladas el 90% presentó multirresistencia a antibióticos comúnmente utilizados en potros como Amoxicilina, Cloranfenicol, Doxiciclina, Esteptomicina, Gentamicina, Neomicina, Sulfa-Trimetropim, Tetraciclina, lo que coincide con lo reportado por Braga *et al.*, en el 2023, donde se menciona que de una total de 100 cepas aisladas de *Salmonella* en potros, el 43% presentaba multirresistencia y el 40% fue resistentes a todas los antibióticos, lo que resulta de gran relevancia, ya que esto habla de que el sector ecuestre a nivel mundial se esta enfrentando a bacterias sumamente resistentes, las cuales podrían ser un problema para la salud humana y del ecosistema en

general, por el potencial zoonótico que posee cada una de ellas. A su vez, se obtuvieron datos relevantes acerca de los signos de mayor frecuencia en los potros con dichos agentes causales, entre los que destacan diarrea, deformidad en miembros anteriores, fiebre, deshidratación, inapetencia y letargía, y por otro lado, en los ejemplares muertos que resultaron positivos a rotavirus, durante la necropsia se observaron lesiones en la primera porción del intestino delgado como petequias e inflamación y en citopatología se observó las criptas aplanadas de los enterocitos del intestino delgado, sin embargo, no hay reportes de las lesiones específicas que causa rotavirus en equinos, por lo cual, al obtener estos resultados da paso a un antecedente para futuras investigaciones en el área de patología. No obstante, a pesar del panorama que generan los resultados, se observó dentro de la industria hípica ausencia de conocimiento acerca de las pruebas que se ofertan para diagnóstico en equinos, así como de los patógenos causales de diarrea en potros, lo que conlleva al uso desmedido de antibióticos tan solo para eliminar los signos aparentes, lo cual esta causando la resistencia y evolución de las bacterias.

Conclusiones

El utilizar pruebas complementarias de diagnóstico, hace evidente la existencia en México de patogenos reportados a nivel mundial con un alto potencial zoonótico, lo cual es un problema de salud pública y animal, que atenta contra una sola salud, ya que la sanidad animal, la salud de los seres humanos y de las plantas son interdependientes y se vinculan con los ecosistemas en los que viven, y la resistencia a los antimicrobianos, la falta de medicina preventiva y el cambio climático, conllevan a un aumento de los riesgos sanitarios, ya que, constituyen múltiples oportunidades para que los patógenos evolucionen, aumentando la frecuencia y la intensidad de los eventos de propagación de enfermedades de los animales a los humanos o viceversa; lo anterior, aunado al poco o nulo reporte de enteropatógenos en equinos y al daño económico que ocasiona en la etapa productiva del sector ecuestre, favorece el incremento de perdidas económicas, las cuales podrían evitarse con profilaxis, como la vacunación en yeguas para el caso de Rotavirus o en su defecto, un tratamiento específico y de mayor eficacia para las bacterias. Por lo que, el monitoreo constante de rotavirus y los enteropatógenos prevalentes, es el punto clave de mayor importancia para salvaguardar la salud animal y humana en todo el mundo.

Agradecimiento

Agradecemos al Programa de Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Autónoma del Estado de México. El apoyo del CONACYT durante el periodo comprendido de Febrero 2021 a Enero 2023. A todos los colegas del Laboratorio de de Biotecnología, Biología Molecular y Genética, Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca.

Referencias bibliográficas

1. Braga P.R.C., Basso R.M., Martins L.S.A., Ribeiro M.G., Amarante A.F., Casas M.R.T., Nassar A.F.C., Pereira J.G., Pantoja J.C.F., Cerri F.M., Possebon F.S., Oliveira-Filho J.P., and Borges A.S. (2023). Occurrence of *Salmonella* spp. in fecal samples from foals with and without diarrhea in the state of São Paulo: microbiological diagnosis, antimicrobial susceptibility profile, and molecular detection. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 43, e07194.
2. Browning G.F., Chalmers R.M., Snodgrass D.R., Batt R.M., Hart C.A., Ormarod S.E., Leadon D., Stoneham S.J., Rossdale P.D. (1991). The prevalence of enteric pathogens in diarrhoeic thoroughbred foals in Britain and Ireland. *Equine Vet. J.*, 23, 405–409.
3. Carossino M., Vissani M.A., Barrandeguy M.E., Balasuriya U.B.R., Parreño V. (2024). Equine Rotavirus A under the One Health Lens: Potential Impacts on Public Health. *Viruses*, 16, 130.
4. Matthijnssens J., Ciarlet M., Rahman M., Attoui H., Bányai K., Estes M.K., Gentsch J.R., Iturriza-Gómara M., Kirkwood C.D., Martella V., Mertens P.P., Nakagomi O., Patton J.T., Ruggeri F.M., Saif L.J., Santos N., Steyer A., Taniguchi K., Desselberger U., Van Ranst M. (2008). Recommendations for the classification of group A rotaviruses using all 11 genomic RNA segments. *Arch Virol*. 153(8):1621-9.
5. Matthijnssens J., Miño S., Papp H., Potgieter C., Novo L., Heylen E. (2012). Complete molecular genome analyses of equine rotavirus A strains from different continents reveal several novel genotypes and a largely conserved genotype constellation. *The Journal of general virology*; 93(Pt 4), 866–875.
6. Pathak A., Gulati B.R., Maan S., Mor S., Kumar D., Soman R., Punia S., Chaudhary D., Khurana S.K. (2022). Complete Genome Sequencing Reveals Unusual Equine Rotavirus A of Bat Origin from India. *J Virol* 96:e01408-22.

PRESENCIA DE VIRUS RELACIONADOS CON EL COMPLEJO RESPIRATORIO BOVINOS EN UN HATO DE GANADO CRIOLLO DE TESEACHI, CHIHUAHUA.

Edith Rojas-Anaya¹, Fernando Cerón Téllez², Jose Alfredo Martínez Quintana³, Adriana Floriano López³, Felipe Rodríguez Almeida³.

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP; ²CENID-Salud Animal e Inocuidad, INIFAP; ³Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH.

*Autor para correspondencia: edith_ra23@hotmail.com

Palabras clave: Bovinos, ganado criollo, complejo respiratorio bovino, recursos zoogenéticos.

Introducción

El ganado criollo en México y América tiene su origen derivado de la introducción de este desde los primeros colonizadores. La sobrevivencia durante siglos del ganado criollo de Chihuahua bajo las condiciones de la Sierra Madre Occidental se ha generado por un proceso de selección natural y con muy poca intervención antropogénica. La Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), a finales de los 90 y el Rancho Experimental la Jornada (REJ) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos en colaboración con Universidad Estatal de Nuevo México, en 2005; deciden introducir un hato de ganado criollo, seleccionado directamente de la Sierra Tarahumara, no sólo con el objetivo de preservación sino también de investigación sobre hábitos de comportamiento en agostadero, economía, así como de características productivas, reproductivas y calidad de la carne. Todo esto con la finalidad de mostrar las características del bovino criollo de Chihuahua que permitan su introducción en el sistema de producción de bovinos carne, ya sea como raza pura o en diferentes cruzas. A este ganado se le han atribuido una serie de características, incluyendo la resistencia a enfermedades y existen pocos documentos publicados de la presencia de agentes infecciosos en hatos de esta raza, mismo que en Chihuahua se encuentra en condiciones poco favorables y principalmente es utilizado como ganado de rodeo. Derivado de lo anterior y con la intención de contribuir a establecer la base del estatus sanitario del hato de ganado criollo del Rancho Experimental de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH que se encuentra en el municipio de Teseachi en el Estado de Chihuahua, se planteó el objetivo de identificar el genoma de virus relacionados con el complejo respiratorio bovino en hembras de bovino criollo.

Objetivo

Derivado de lo anterior y con la intención de contribuir a establecer la base del estatus sanitario del hato de ganado criollo del Rancho Experimental de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH que se encuentra en el municipio de Teseachi en el Estado de Chihuahua, se planteó el objetivo de identificar el genoma de virus relacionados con el complejo respiratorio bovino en hembras de bovino criollo.

Materiales y métodos

Se utilizaron hisopos de dacrón en medio de transporte L15 con antibióticos y antimicóticos, tomado exudado nasal a 70 hembras adultas aparentemente sanas de bovino criollo y cruza de criollo con Angus ubicadas en el Rancho Experimental Teseachi de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua durante el mes de enero del año 2024. Lo anterior con la finalidad de identificar la presencia de virus relacionados con el complejo respiratorio bovino como: virus sincitial respiratorio bovino (VSRB), coronavirus bovino (CoVB), diarrea viral bovina (DVB), parainfluenza 3 bovino (PI3B) y herpesvirus bovino tipo 1 (IBR). Las muestras fueron transportadas en cadena fría hasta el laboratorio. A partir de las muestras se realizó la extracción del material genético utilizando el kit comercial FavorPrep™ Viral DNA/RNA Kit y fue almacenado a -80 °C. Con el ARN extraído se sintetizó ADN complementario para utilizarlo como plantilla para la detección molecular de los virus VSRB (210 pb), CoVB (578 pb), DVB (214 pb), PI3B (233 pb) mediante PCR en punto final. Adicionalmente, utilizando el ADN extraído se amplificó un fragmento de 189 pb del genoma del IBR. Los productos de PCR fueron visualizados en geles de agarosa al 1.7%.

Resultados y discusión

Los resultados para la detección de regiones del genoma de los diferentes virus que forman parte del complejo respiratorio bovino por PCR fueron los siguientes: IBR 17.1% (12/70), DVB 11.4% (8/70), PI3

14.3% (10/70), VSRB 1.43% (1/70) y CoVB 8.57% (6/70). Los resultados obtenidos muestran que los animales han estado en contacto con dichos agentes ya que no se tiene registro de vacunación contra ninguno de dichos virus. El hato como medida preventiva solamente ha sido vacunado contra algunas bacterias no relacionadas con el complejo respiratorio u abortivo. Sin embargo, derivado del tipo de producción extensiva del mismo y que es probable que se encuentren en convivencia con otros animales silvestres, ferales o incluso ganado de productores vecinos al rancho con las mismas condiciones de crianza, puedan estar en riesgos de contraer estas u otras infecciones. Los resultados no mostraron tener una asociación por edad de las vacas muestreadas. Como se mencionó previamente, no han mucha evidencia documentada de la evaluación del estatus sanitario en los hatos de ganado criollo específicamente en el Estado de Chihuahua, por lo que mediante esta aproximación se pueden implementar calendarios de vacunación y medidas de control específicamente con este hato que está dedicado a la conservación y estudios productivos de esta raza. Lo anterior además incluye el seguimiento de la vigilancia epidemiológica de estos agentes, además de el seguimiento a signos clínicos que además pueden estar relacionados con signología reproductiva en el caso de aquellos que resultaron positivos a la presencia de DVB e IBR.

Conclusiones

Mediante los resultados mostrados en este trabajo es posible implementar medidas para el control de algunas de las enfermedades en el hato de bovinos criollos que permitan contribuir a la conservación de este recurso zoogénético. Adicionalmente, se hace patente la vigilancia de estas y otras posibles infecciones que pidieran estar presentes y poniendo en riesgo el buen estado de salud como algunos agentes infecciosos causantes de fallas reproductivas entre otros.

Fuente financiadora

Proyecto SIGI No. 13265236051 “Desarrollo y validación de técnicas isotermiales para una rápida detección molecular de las principales enfermedades del ganado bovino.

9

Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología



“AQUÍ ES...” / Gerardo Esquivel Arriaga

20 REUNIONES
24 científicas
23 al 26 OCT
ESTACIÓN DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES

LIX REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA



CARACTERIZACIÓN TRANSDISCIPLINARIA DE LA GANADERÍA FAMILIAR DE SANTO DOMINGO TOMALTEPEC, OAXACA, MÉXICO.

Abiael Alexis Illescas-Cobos^{1,2*}, Patricia Balvanera Levy², Octavio Tadeo Barrera Perales³

¹Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM., ²Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM., ³CIESSTAM, Universidad Autónoma Chapingo.

*Autor para correspondencia: aillescas@iies.unam.mx

Palabras clave: Sostenibilidad, cocina colaboratorio, IAP.

Introducción

La ganadería familiar se desarrolla en comunidades rurales y representa un sistema adaptativo complejo que responde según al entorno natural, cultural, de mercado y social en el que se desenvuelve. Es una actividad productiva que se distingue en cada región por su capacidad de adaptación a las cambiantes realidades socioambientales y por buscar la conservación de sus recursos naturales. Gestionada por el núcleo familiar, esta forma de ganadería involucra activamente a sus miembros tanto en el manejo zootécnico como en la toma de decisiones del mercado. En México, esta forma de ganadería se enfrenta a una serie de desafíos socioambientales que amenazan su sostenibilidad. El cambio climático ha exacerbado la frecuencia de sequías, lo que afecta la disponibilidad de forraje y pone en riesgo la subsistencia económica de las comunidades ganaderas. A pesar de estos desafíos, la ganadería familiar es fundamental para la subsistencia económica de las comunidades rurales y para la preservación de sus identidades culturales, por lo cual el fortalecimiento de sus prácticas que la integran es crucial.

En este contexto, la FAO ha reconocido la importancia de producciones familiares como lo es la ganadería y ha promovido iniciativas en el marco del "Decenio de la Agricultura Familiar 2019-2028". Esta iniciativa busca fomentar la colaboración entre el conocimiento científico, técnico y el saber tradicional de los campesinos, impulsando proyectos de investigación que aborden las necesidades específicas de las comunidades ganaderas. En México, el proyecto Cocina Colaboratorio, como parte del PRONACE No. 319065, se ha destacado por su labor en la búsqueda de transformar los sistemas agroalimentarios hacia modelos más justos y solidarios. Su interés en caracterizar la ganadería familiar en la Comunidad de Santo Domingo Tomaltepec se concentra en abrir espacios seguros para el intercambio de saberes, la identificación de necesidades y el co-diseño de soluciones colaborativas para enfrentar los desafíos que enfrentan las comunidades ganaderas.

Objetivo

Caracterizar la ganadería familiar realizada en una comunidad rural desde un enfoque transdisciplinario para identificar los retos específicos que puedan ser atendidos a través de la investigación acción participativa (IAP).

Materiales y métodos

La comunidad de Santo Domingo Tomaltepec se encuentra ubicada dentro de la región de Valles Centrales en el estado de Oaxaca. El proceso de recopilación de información en todo momento buscó ser flexible y transdisciplinario, involucrando la comunicación directa e intercambio de ideas con las familias ganaderas de la comunidad. Se realizaron recorridos por la comunidad en colaboración con miembros del proyecto Cocina Colaboratorio para identificar familias que mantuvieran ganado. Se establecieron diálogos no estructurados con estas familias, participando activamente en sus actividades cuando fue posible. Se logró un censo no exhaustivo de 26 familias ganaderas y la información se registró en un diario de campo. La información recopilada se organizó en cuatro categorías: manutención, alimentación, sanidad y retos. Se identificaron un total de 27 elementos principales relacionados con la ganadería familiar, que se representaron de manera sistemática mediante la construcción de un mapa cognitivo difuso utilizando el software *Mental Modeler*. Esta representación sistemática se validó a través de la realización de un taller denominado "Encuentro Ganadero", en el que se convocó a las familias participantes del censo. Durante el taller se identificaron los principales retos comunes que se necesita atender para fortalecer la ganadería familiar.

Resultados y discusión

La investigación reveló que en la categoría de manutención existe una diversidad de motivaciones y finalidades detrás de la ganadería familiar que se desarrolla en Santo Domingo Tomaltepec (Tabla 1). Los motivantes incluyen aspectos económicos, de salud, tradición, y ahorro, los cuales influyen en la decisión de mantener ganado. Los aspectos económicos se destacan por la percepción de rentabilidad y la posibilidad de comerciar con los distintos ganados y sus productos derivados. La salud y el sabor se convierten en motivaciones para el autoconsumo, mientras que la tradición y el ahorro impulsan la crianza de ciertas especies, como los guajolotes o los puercos. Por otro lado, las finalidades de la ganadería familiar están estrechamente relacionadas con la obtención de productos para el consumo o la venta, así como con el empleo de animales en labores de trabajo agrícola o de transporte, como lo es el empleo de burros para el acarreo de leña a panaderías locales.

La alimentación y la sanidad del ganado son elementos esenciales para garantizar su bienestar y productividad. En general el ganado en la comunidad se mantiene estabulado, por ello se prioriza la limpieza de los corrales y constantemente existe un acercamiento a la asistencia veterinaria para incorporar antibióticos, desparasitantes y multivitamínicos en el manejo zootécnico. En cuanto a los desafíos socioeconómicos y ambientales, el nulo acompañamiento zootécnico, las presiones del mercado, la escasez de recursos como el agua y el forraje durante períodos de sequía y las enfermedades estacionales representan preocupaciones significativas para los ganaderos familiares.

Tabla 1. Características de la ganadería familiar mencionadas en los diálogos sostenidos con familias ganaderas de Santo Domingo Tomaltepec.

Categoría	Subcategoría	Elementos	Frecuencia de mención
Manutención	Motivantes	Inversión y comercio	21
		Sabor y salud	11
		Tradición	10
		Autoconsumo	7
		Ahorro	4
	Finalidades	Cabe	19
		Yunta y transporte de leña	9
		Huevo	7
	Especies ganaderas	Toros	15
		Burros	7
		Borregos	7
		Gallinas	7
		Pollos	6
		Puercos	5
		Guajolotes	4
Alimentación	Forrajes	Milpa	13
		Alfalfa	10
	Piensos	Pienso	16
	Procedencia	Compra en forrajerías	21
		Producción agrícola	5
Sanidad	Manejo ganadero	Limpieza e higiene de corrales	20
		Utilización del estiércol como abono orgánico	15
	Vinculación veterinaria	Uso de antibióticos, desparasitantes y multivitamínicos	10
Retos	Retos socioeconómicos	Ausencia de conocimiento y acompañamiento zootécnico	16
		Estándares de mercado: ganados de raza o de doble propósito	9
	Retos ambientales	Sequía y disminución de forrajes	9
		Enfermedades estacionales	5

Durante el taller se discutieron los vínculos sistémicos que están interconectados con los retos de la ganadería familiar (Figura 1). Los estándares del mercado ganadero imponen presión sobre las familias al requerir características específicas en el ganado, lo que limita su acceso a los mercados y aumenta los costos de producción. La falta de conocimientos técnicos agrava la situación, afectando la salud y la reproducción del ganado. Las enfermedades estacionales, como la gripe aviar y la diarrea, representan un desafío para la producción avícola debido a las condiciones de hacinamiento, afectando la rentabilidad. La sequía constante en la comunidad ejerce presión sobre los recursos alimenticios y económicos disponibles, dificultando el desarrollo adecuado del ganado y la producción agrícola.

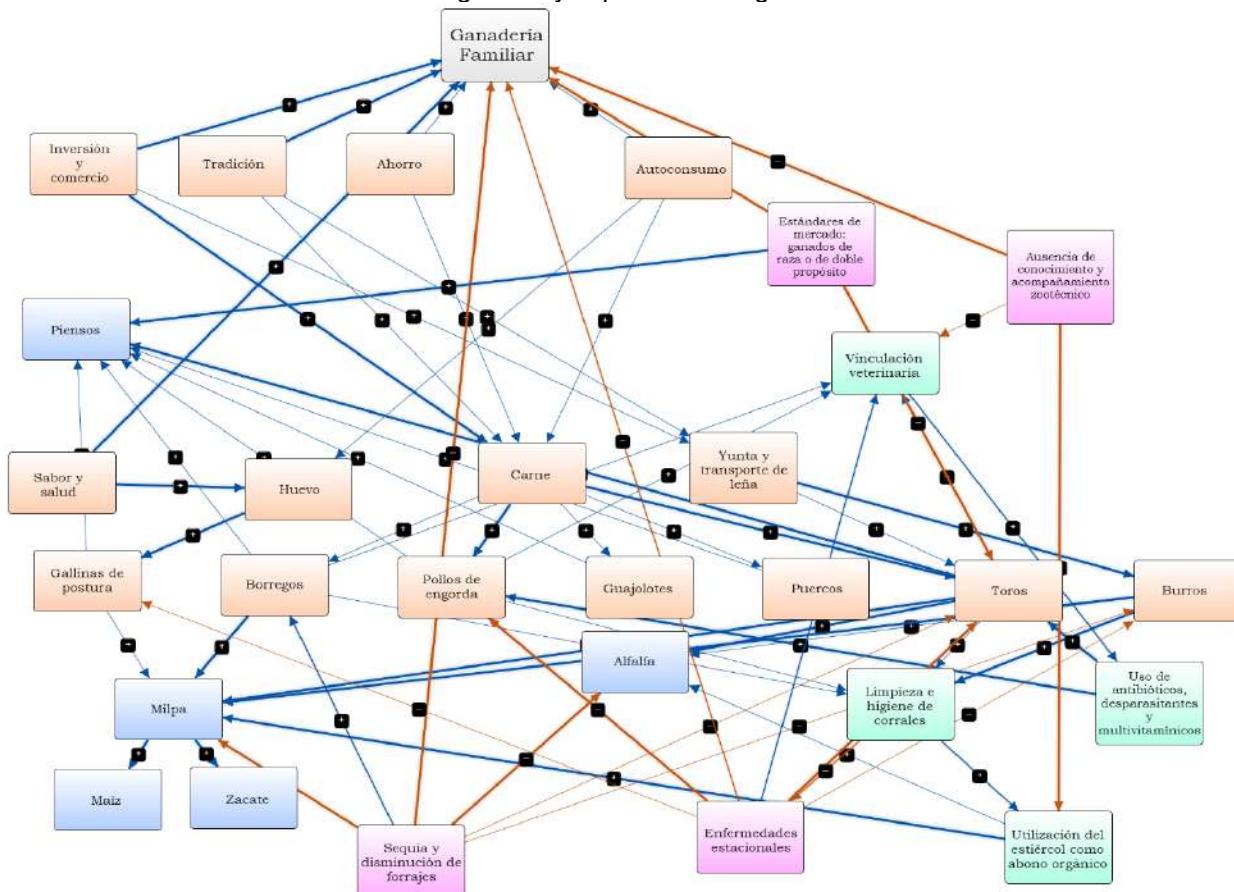


Figura 1. Mapa cognitivo difuso de la ganadería familiar de Santo Domingo Tomaltepec, co-construido junto a familias ganaderas de la comunidad. El esquema muestra los vínculos sistémicos de los principales retos de la ganadería familiar. El grosor de las líneas indica la intensidad de las relaciones, el color azul indica relaciones positivas y el color naranja relaciones negativas. Las cajas naranjas refieren a una categoría de manutención, en azul refiere categoría de alimentación, en color verde refiere categoría de sanidad y color rosa refiere categoría de retos.

Conclusiones

El estudio realizado logró caracterizar la ganadería familiar de Santo Domingo Tomaltepec identificando los principales desafíos interconectados que enfrentan los productores. Estos hallazgos resaltan la importancia de abordar propuestas integrales y colaborativas a través de la IAP para su atención.

Fuente financiadora

PRONACE- CONAHCYT No. 319065. Programa de becas CONAHCYT, número de apoyo: 826682.

Referencias bibliográficas

1. Cavallotti, B., Ramírez, B., Cesín, A., y Ramírez, J. (2017). Globalización, seguridad alimentaria y ganadería familiar. Ganadería – Colegio de Postgraduados. México.

CARACTERIZACIÓN DE UNA LECHERÍA FAMILIAR.

Alejandro Córdova Izquierdo^{1*}, Adrian E. Iglesias Reyes¹, Abel E. Villa Mancera², Armando Gómez Vázquez³, Carlos Bedolla Cedeño⁴, Jaime Olivares Pérez⁵, Pedro Sánchez Aparicio⁶, Ma. De Lourdes Juárez Mosqueda⁷ y Raúl Sánchez Sánchez⁸

¹Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México, D.F. ²Facultad de Veterinaria. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. ³División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. ⁴Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán.

⁵Facultad de veterinaria. Universidad Autónoma de Guerrero. ⁶Facultad de Veterinaria. Departamento de Farmacología. UAEM. ⁷FMVZ-UNAM. ⁸Departamento de Reproducción. INIA. Madrid, España.

*Autor para correspondencia: acordova@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: Lechería familiar, caracterización socioeconómica.

Introducción

En los sistemas familiares las construcciones son extremadamente rudimentarias y el ganado, por lo general, está en un corral detrás del hogar; la ordeña es manual y las estrategias de alimentación pueden variar aún entre las comunidades de una misma región, incluyendo el pastoreo de restos de cultivos y agostadero, utilización de sub-productos locales, compra de concentrados, pasturas y cultivos forrajeros. Con respecto a la producción láctea en los sistemas de traspasio y doble propósito tienen un promedio de 6 litros al día por vaca con un periodo de ordeña de 210 días, lo que hace una producción anual por vaca de 1,260 litros (SIAP, 2008). Existen evidencias de que la producción de leche y la actividad reproductiva están claramente relacionadas de una forma antagónica (tanto genética como fenotípica); es decir, la mayor producción de leche se asocia con una disminución de la eficiencia reproductiva (Rodríguez y Martínez, 2010). La actividad productiva y reproductiva de la ganadería familiar se afecta por factores que son complicados de mejorar por el productor. Algunos de estos que ocasionan baja productividad en el ganado de leche los constituyen: la avanzada edad al primer parto, los prolongados intervalos entre partos y los bajos rendimientos diarios. Otros factores que también afectan el rendimiento lechero y el IEP son: la raza, la época del año y el manejo del hato (Pino *et al.*, 2009). El estado de México e Hidalgo han sido siempre regiones lecheras importantes debido a su cercanía al principal centro de consumo, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, registrando un crecimiento promedio de 1.1 y 2.9% para este periodo se encuentran en el séptimo y octavo lugar en la producción de leche (INEGI, 2000). La producción lechera en Hidalgo está concentrada principalmente en tres de los seis Distritos de Desarrollo Rural que conforman el Estado, los cuales en su conjunto aportan el 97% de la producción del estado, Pachuca, Tulancingo y Mixquiahuala. En cada uno de los distritos existe gran variedad en el sistema de producción de las explotaciones lo que hace realmente interesante el análisis de cada uno de estos, se puede ubicar como tres regiones o cuencas de producción lechera, cuenca de Tizayuca, Valle del Mezquital y Valle de Tulancingo (Cesín *et al.*, 2007).

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue la caracterización socioeconómica y productiva de una la lechería familiar de bovinos de lecheros en el Estado de Hidalgo, México.

Materiales y métodos

El Trabajo se realizó en el municipio de Nopala de Villagrán, en la comunidad de Dañú, Hidalgo, México (INEGI, 2005). La población total de Dañú es de 336 personas, de cuales 175 son hombres y 161 mujeres. Existen en total 105 hogares, de éstos 100 viviendas, 6 tienen piso de tierra y 5 consisten de una sola habitación. (INEGI, 2010). La caracterización de las UPF (unidades productoras familiares) abarcó la descripción general de un conjunto de 12 explotaciones. La selección de las unidades de producción se realizó considerando dos criterios: ubicación geográfica y número de animales. Para el primer caso se dividió al municipio en tres subregiones: norte, centro y sur, seleccionándose las del norte y centro, por presentar condiciones agroecológicas similares a diferencia de la subregión sur cuya distancia es mayor a fuentes naturales acuíferas y su relieve es más pronunciado que el resto. Para el segundo criterio, se seleccionaron unidades de producción de pequeños productores que mantenían una cantidad menor o

igual a veinte animales, con explotaciones destinadas a la producción láctea. El instrumento de recolección para obtener la información de los productores se basó en una encuesta semiestructurada constituida de preguntas abiertas y cerradas relacionada con los aspectos socioeconómicos y productivos de cada explotación, para identificar: generalidades, manejo de la unidad productiva, instalaciones, mano de obra, genética, reproducción, ordeño, alimentación, sanidad animal y comercialización; así como preguntas para determinar la percepción de los productores sobre los principales problemas, beneficios, oportunidades y amenazas de la producción láctea del tipo familiar.

Resultados

Los resultados de este trabajo se presentan en la siguiente tabla

Variable	Descripción	Frecuencia
Edad del productor	Menor a 45 años	41.6%
	– 60 años	25%
	Mayor a 60 años	33.4%
Escolaridad	Primaria	66.6%
	Secundaria	25%
	Capacitación técnica	8.4%
Dedicación	Menor de 5 días/Semana	16.6%
	Mayor de 5 días/Semana	83.4%
Mano de obra	Familiar	83.4%
	Contratada	16.6%
Tamaño del hato	Menor a 10 animales	58.4%
	Mayor a 10 animales	41.6%
Producción promedio de leche (lt/día)	5 – 10 lts.	58.4%
	11 – 20 lts.	33.2%
	Mayor a 20 lts.	8.4%
Ordeños/ día	2	100%
Registros	No llevan	100%
Manejo reproductivo	Monta natural	25%
	IA	75%
Intervalo entre Partos (IP)	380 – 400 días	16,6%
	401 – 420 días	50%
	Más de 420 días	33,4%
Días Abiertos (DA)	100 – 120 días	25%
	121 – 140 días	41,6%
	Más de 140 días	33,4%
Número de servicios por concepción (NSPC)	1,2 – 1,5	25%
	1,6 – 2	75%
Alimentación	Forraje	66.6%
	Forraje + []	33.4%
Sanidad	Calendario de Inmunización	0 %

En esta tabla se muestran los factores de procesamiento que se dan en este tipo de sistema de producción, el cual es manejado por productores que en su mayoría 41% no rebasan los 45 años de edad, donde el nivel de escolaridad fue de un 66% para la educación primaria y solo el 8% tiene una capacitación técnica. La mano de obra de mayor importancia es la familiar con más del 80% de los productores encuestados, influyendo en la dedicación de días por semana. El mayor porcentaje con respecto al número de animales por UPF fue 58% que corresponde a un valor menor a diez animales. En lo referente al manejo productivo, reproductivo y de sanidad el 58% de las encuestadas describen un valor de producción láctea menor a 10 litros por día, en donde el 100% de las producciones realiza dos ordeños por día. El 75% de los productores llevan a cabo la inseminación artificial y ninguno utiliza los registros como herramienta de producción. El manejo reproductivo presenta los porcentajes más elevados con 33% en el valor del intervalo entre partos

para 420 o más días, en un 75% de 1,6 a 2 números de servicios por parto y los días abiertos con índices de 120 – 140 días fueron el porcentaje mayoritario con un 41% y por último cabe destacar que el 0% de las UPF lleva un calendario de inmunización.

Discusión

La asociación que se encontró entre la producción lechera y el intervalo entre partos fue negativa, mismo resultado obtuvo Córdova et al. 2005 y se da por entendido que el promedio elevado de dicho parámetro 410 días fue el factor que influyó, Espinosa et al. 2010 menciona que el IEP en una producción es de 387 días como mínimo y como máximo describe valores de hasta 492 días, Córdova et al. 2005 menciona unos rangos de entre 478.13 a 492.16 días; en este escrito se encontraron variables muy marcadas que van desde 383.5 a 428.1 que al igual que los días abiertos se prolongan en demasía por el desconocimiento de técnicas adecuadas para la reproducción y por la falta de apoyos gubernamentales.

El promedio de todas las UPF en servicios por concepción y días abiertos fue elevado, 1,8 y 130,6 días, respectivamente, posiblemente fue por esta situación que no se presentaron asociación con la producción lechera. En cuanto a los servicios por concepción Córdova et al. 2005 y Espinosa et al. 2010 difieren en sus rangos que nos mencionan, el primero describe rangos desde 2.49 a 2.58 y el segundo 1.3 a 1.6, en este estudio se encontraron rangos desde 1.2 a 2, debido a esto posiblemente no se presentó asociación con la producción lechera. Rodríguez y Martínez 2010 mencionan que en promedio los (DA) de un hato son de 148 días el más elevado y 129 el más bajo; mientras que en este estudio se encontraron variables desde 106 días el menor y 151 el mayor; esto podría deberse a que en dicha comunidad los productores no llevan a cabo el uso de registros, lo que provoca un mal manejo reproductivo. Vilaboa y Díaz 2009 obtuvo en sus resultados un promedio de edad en los productores de 53 +/- 13 años y comparado con la edad encontrada en esta evaluación en el cual el mayor porcentaje de los productores es menor a 45 años de edad. Rodríguez y Martínez 2010 describen que el mayor grado de escolaridad de los productores es de primaria mismo resultado obtenido en este estudio. Vilaboa y Díaz 2009, menciona que la mano de obra utilizada en el manejo de la producción era 40% del tipo familiar, 40% eventual y un 20% permanente, en comparación con el estudio actual se encontraron porcentajes más elevados dentro de la mano de obra familiar con un 84% contra el 16% de mano de obra contratada.

Conclusiones

El mal manejo, el no uso de registros y el desconocimiento de las biotecnologías por parte de los productores reducen de gran forma la viabilidad de una producción lechera del tipo familiar y perjudican la descripción objetiva de una unidad productora familiar.

Referencias bibliográficas

1. Chalate, H., Gallardo, F., Pérez, P. 2010 Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. Zootecnia Trop; 28 (3): 329-339.
2. Espinosa, G., Gonzales, O., Luna, E., Cuevas, R., Moctezuma, L., Góngora, G., Jolalpa, B. y Vélez, I. 2010. Administración de ranchos pecuarios con base en el uso de registros técnicos y económicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal. Cuajimalpa, D.F. Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP, con datos de SIACON , 2008.
3. Gasque, G., y Blanco, O. 2004. Sistema de producción animal I, Volumen 1. Bovinos. 2^a ed. México. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Pino, T.; Martínez, G.; Galíndez, R.; Castejón, M.; Tovar, A. 2009. Efecto del grupo racial y algunos factores no genéticos sobre la producción de leche e intervalo entre partos en vacas de doble propósito. Rev. Fac. Cs. Vets. UCV, 50:93-104.
5. Vilaboa, J., y Díaz, P. 2009 Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. Zootecnia Trop. 27(4): 427-436.

CRITERIOS DE DESEMPEÑO AGROECOLÓGICO Y SU VINCULACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

Dalia Andrea Plata-Reyes¹, Eliot Gamaliel López-Rojas², Carlos Manuel Arriaga-Jordán¹ y Carlos Galdino Martínez-García^{1*}

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto Literario # 100, Col. Centro, 50000 Toluca, México.

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus UAEM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México, C.P. 50090.

*Autor para correspondencia: cgmartinezg@uaemex.mx

Palabras clave: Metodología TAPE, empoderamiento de mujer, sistemas de producción

Introducción

Con el paso de los años las naciones y los sistemas de producción, han enfrentado grandes problemáticas de índole ambiental, social y económico. Para encontrar una solución con la llegada del nuevo milenio en el año 2000, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) presentó los objetivos de desarrollo del milenio (ODM), ocho objetivos que se proponía, fueran alcanzados en el año 2015. Sus principios se basaban en actividades y metas incluidas en la declaración del Milenio: 1) Erradicar la pobreza extrema y el hambre; 2) Lograr la enseñanza primaria universal; 3) Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer; 4) Reducir la mortalidad infantil; 5) Mejorar la salud materna; 6) Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades; 7) Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente; 8) Fomentar una asociación mundial para el desarrollo. Posteriormente, durante la asamblea general de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) durante el año 2015, en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible se promulgaron los hoy conocidos 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan precisamente las esferas ambientales, sociales y económicas. En ese tenor, es importante destacar que los sistemas de producción son más que los ODS: 1) Fin de la pobreza y 2) Hambre cero. En función del desarrollo de sus procesos productivos y la adopción de estrategias de gestión y manejo de los recursos de tierra, trabajo, capital económico y humano. Los sistemas de producción pueden contribuir con otros más ODS en función de su capacidad para adaptarse a las condiciones actuales y lograr el bienestar social a través del desarrollo rural sustentable mediante prácticas agrícolas y pecuarias respetuosas con el medio ambiente. Con la finalidad de dar seguimiento al cumplimiento de los ODS, la FAO en el año 2018, desarrolló la herramienta TAPE (*Tool for Agroecology Performance Evaluation*) que a través de cuatro pasos evalúa de manera integral a partir del desarrollo de un cuestionario estructurado; los sistemas de producción. Paso 0: Las características de los sistemas de producción y medio ambiente donde se desarrollan las actividades de producción. Paso 1: Caracterización de la transición agroecológica a través de 10 elementos agroecológicos. Paso 2: Criterios de desempeño y su vinculación con los ODS. Paso 3: Presentación y validación de los resultados de manera participativa con productores. Este trabajo de investigación se centra en el análisis de los resultados del Paso 2: *Criterios de desempeño* de la herramienta TAPE.

Objetivo

Comparar los criterios de desempeño de los sistemas de producción de leche en pequeña escala de acuerdo con el Paso 2 de la metodología para la evaluación del desempeño agroecológico (TAPE).

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en localidades productoras de leche del Municipio de Aculco, el cual se localiza en la zona Noroeste del Estado de México, México (INEGI, 2007). Para fines de este estudio el municipio se dividió en tres zonas geográficas poniente, centro y oriente. Se seleccionaron al azar 20 productores de leche en pequeña escala por zona geográfica con los que se desarrolló la herramienta TAPE (FAO, 2021; López-Rojas et al., 2023) con una duración promedio de 2:30 horas a 3:00 horas. Primero: Los resultados de las entrevistas se capturaron en una base de datos general. Segundo: Los resultados se agruparon en función de los resultados del Paso 1. Tercero: Una vez agrupados los resultados se analizaron en el software estadístico SPSS versión 22 a través de un análisis de varianza (ANOVA) de

una vía. Cuarto: La prueba *post huc* de Games-Howell, se utilizó para identificar diferencias entre grupos, la cual es recomendada cuando el tamaño de muestra por grupo es diferente como en el caso de este estudio (Field, 2017).

Desarrollo

El Paso 2: Criterios básicos de desempeño o análisis del desempeño multidimensional de los sistemas de producción como lo mencionan Lucatoni et al. (2022) en el Informe sobre el uso de TAPE en el área metropolitana de Rosario, Argentina. Específicamente, recopila datos cuantitativos sobre los criterios básicos de desempeño (FAO, 2021) cuya importancia radica en vincular esos criterios de desempeño que se desprenden de las cinco dimensiones clave para la alimentación y la agricultura sostenible con el logro de múltiples ODS. De tal forma, que al analizar e interpretar los vínculos entre los elementos agroecológicos del Paso 1 y los criterios de desempeño del Paso 2 de la herramienta TAPE, es posible evaluar el desempeño multidimensional de los sistemas de producción a través de las tipologías identificadas en el Paso 1 (Mottet et al., 2020). Para el análisis de los resultados del Paso 2, los datos que se deben recopilar refieren el último año de producción. Además, hay secciones de la encuesta que se realizan con mujeres en presencia o no de un hombre, en general algunos datos se recopilan desglosados por edad y género, como la diversidad alimentaria, empoderamiento de la mujer, empleo de los jóvenes. Esta parte del cuestionario se basa en el abordaje de las cinco dimensiones que resultan claves para analizar y cuantificar el impacto de la agroecología sobre temáticas de gran relevancia social y con repercusiones para las instancias encargadas de la toma de decisiones o la generación de políticas públicas. Estas cinco dimensiones clave de la sostenibilidad consideran valores económicos, ambientales y sociales.

- 1) Gobernanza: Incluye el análisis de la situación de los agricultores respecto al acceso y tenencia de la tierra.
- 2) Economía: Incluye temas como la productividad agrícola de las unidades de producción, composición de los ingresos de los hogares de los agricultores y el valor añadido neto de las unidades de producción.
- 3) Salud y nutrición: Se abordan aspectos vinculados a la exposición a pesticidas y la situación de los agricultores respecto a aspectos de nutrición.
- 4) Sociedad y cultura: Contempla aspectos relativos de empleo, formación y educación de jóvenes, así como aspectos vinculados al rol de la mujer en la agricultura.
- 5) Medio ambiente: Evalúa aspectos de diversidad agrícola, mediante la importancia relativa de las variedades de cultivos, razas de ganado, árboles y entornos semi-naturales, así como el estado de la salud del suelo, todos ellos con una importante perspectiva de género.

Resultados y discusión

A partir de los resultados del Paso 1 de la herramienta TAPE (en prensa) en este estudio, los productores participantes se agruparon en función de sus características; el Grupo 1 se formó por 12 unidades de producción, con un promedio de 27.3 años de experiencia en la gestión y manejo del sistema de producción de leche; con 4.1 integrantes de familia; de los cuales 1.4 personas destinan su mano de obra al sistema de producción; 13.8 bovinos; 7.6 vacas en ordeño y un total de hectáreas destinadas a la producción agropecuaria de 1.3. El Grupo 2, estuvo conformado por 16 unidades de producción, con un promedio de 29.5 años de experiencia, 4.4 integrantes de familia, 1.3 integrantes de mano de obra familiar, 7.7 bovinos, 6.2 vacas en ordeño y un promedio de 1.3 total de hectáreas. El Grupo 3, estuvo conformado por 22 unidades de producción, un promedio de experiencia de 27.5 años, 3.9 integrantes de la familia, 1.1 mano de obra familiar, un tamaño del hato de 9.9, 6.2 vacas en ordeño y un total de 0.9 hectáreas. El Grupo 4, estuvo conformado por 10 unidades de producción con un promedio de experiencia de 34.5, 4.5 integrantes de familia, 1.1 mano de obra familiar, 8.4 bovinos, 4.4 vacas en ordeño y 1.9 hectáreas totales.

La Tabla 1, presenta los resultados promedio de los criterios básicos de desempeño por grupo de productores, sólo se detectaron diferencias significativas ($P<0.05$) para los criterios de Ingreso por litro de leche (\$/día), diversidad alimentaria, biodiversidad agrícola y salud del suelo. El Grupo 1, conformado por parte de los productores de la zona poniente fueron el grupo con mayor cantidad de vacas en ordeño y mayor tamaño de hato. Además, fue el grupo con significativamente ($P<0.05$) mayor diversidad alimentaria, biodiversidad agrícola y salud del suelo. En cuanto a los resultados de diversidad alimentaria y salud del suelo el Grupo 3, fue el que registró los menores valores promedio. Lo anterior, se atribuye a las características de la zona geográfica, así como a la disponibilidad de agua de riego (Marín-Santana et al., 2023) y el mayor puntaje en los elementos agroecológicos evaluados en el Paso 1 (López-Rojas et al., 2023) de la herramienta TAPE.

Tabla 1. Criterios básicos de desempeño Paso 2

Criterio de desempeño	Grupo 1 (n=12)	Grupo 2 (n=16)	Grupo 3 (n=22)	Grupo 4 (n=10)	EEM	Valor de P
	Media	Media	Media	Media		
Tenencia de la tierra	83.3	87.5	87.3	80.0	3.3075	0.800
Productividad (\$/ha/año)	524856.0	261928.8	83843.7	182509.5	79728.0522	0.135
Ingresos (\$/ año)	196215.1	77537.7	171921.0	104666.8	26183.66	0.394
Ingreso por litro de leche (\$/día)	4.1 ^a	2.7 ^b	2.7 ^{ac}	3.2 ^{ac}	0.3692	0.039*
Exposición a pesticidas(\$/ha/año)	80.6	95.8	90.5	86.7	3.1520	0.373
Diversidad alimentaria	8.0 ^a	5.6 ^b	4.9 ^b	5.5 ^b	0.3780	0.016*
Empoderamiento de la mujer	45.6	36.0	43.0	38.7	2.0960	0.412
Empleo juvenil	29.0	19.2	20.5	10.8	3.3497	0.380
Biodiversidad agrícola	29.8 ^a	18.6 ^b	22.3 ^{ab}	27.7 ^{ab}	1.4134	0.044*
Salud del suelo	9.1 ^a	8.1 ^b	7.7 ^b	8.2 ^{ab}	0.1774	0.020*

Diferentes superíndices (a, b y c) indican diferencias significativas entre grupos según la prueba *post huc* de Games-Howell de comparación por pares ($P>0.05$); EEM=Error estándar de la media

Conclusiones

A través de los resultados de este trabajo de investigación es posible identificar un marco multidimensional innovador de criterios cualitativos y cuantitativos adoptados para evaluar las actividades agrícolas y pecuarias de los sistemas de producción de leche en pequeña escala con la finalidad de identificar su contribución con él logró de múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible en función de la adopción de prácticas agroecológicas respetables con el medio ambiente ante escenarios de desarrollo rural sustentable y por ende de bienestar social, ambiental y económico.

Fuente financiadora

Este trabajo fue realizado con financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México a través del proyecto clave 6764/2022CIB que lleva por nombre “Caracterización de la transición agroecológica de los sistemas de producción de leche a pequeña escala”, responsabilidad técnica del Dr. Carlos Galdino Martínez-García.

Referencias bibliográficas

- FAO. (2021). Instrumento para la evaluación del desempeño agroecológico (TAPE) - versión de prueba. In FAO (ed.), instrumento para la evaluación del desempeño agroecológico (TAPE) - versión de prueba. Fao. <https://doi.org/10.4060/ca7407es>
- Field, A. (2017). Discovering statistics using IBM SPSS Statistics, Fourth Ed., (SAGE Publications, London, UK).
- Lucantoni, D., Sy, M.R., Goïta, M., Veyret-Picot, M., Vicovaro, M., Bicksler, A., and Mottet, A. 2023. Evidence on the multidimensional performance of agroecology in Mali using TAPE. *Agricultural Systems*, 204, 103499. <https://doi.org/10.1016/j.aggsy.2022.103499>
- Mottet, A., Bicksler, A., Lucantoni, D., de Rosa, F., Scherf, B., Scopel, E., López-Ridaura, S. Gemmill-herren, B., Bezner Kerr, R., Sourisseau, J. M., Petersen, P., Chotte, J. L., Loconto, S., & Tittonell, p. (2020). Assessing transitions to sustainable agricultural and food systems: a tool for agroecology performance evaluation (TAPE). *Frontiers in sustainable food systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.579154>

ENGORDA DE CERDOS CRIOLLOS EN PASTOREO EN COATEPEC, VERACRUZ.

Miguel Ángel Solís-Tejeda^{1*}, Ponciano Pérez-Hernández¹, José Antonio Torres-Rivera², Lucrecia Arellano-Gámez³, Pablo Díaz-Rivera¹

¹Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Carretera Federal Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz, México. C. P. 91690

²Universidad Autónoma de Chapingo. Centro Regional Universitario de Oriente. Carretera Federal Huatusco - Xalapa Km. 6.5, Huatusco, Veracruz, México. C.P. 94100

³Instituto de Ecología, A. C. Red de Ecoetología. Carretera Antigua a Coatepec no 351. El Haya. Xalapa, Veracruz, México. CP 91073

*Autor para correspondencia: solis.miguel@colpos.mx

Palabras clave: Cerdo pelón mexicano, sistema extensivo de cerdos, alimentación.

Introducción

Se producen más de 18 millones de cabezas de cerdos en México al año, el 15 % es aportado por granjas de pequeña escala. La tecnología predominante se basa en la infraestructura industrializada, es decir, con corrales de piso firme, sobre el cual los animales crecen, orinan y defecan. Lo anterior, genera agua residual con altos contenidos de materia orgánica, productos del nitrógeno, malos olores y plagas (Solís-Tejeda *et al.*, 2021).

La materia orgánica y el nitrógeno, que se concentran en las granjas de cerdos, son insumos que pueden ser utilizados para mejorar la fertilidad del suelo a corto plazo. Lo anterior, reduce la compra de fertilizantes químicos y disminuye la contaminación; y por la integración directa al suelo de los nutrientes, no genera malos olores ni aguas residuales. Sin embargo, es un reto elaborar una logística y metodología práctica que integre a los cerdos con la agricultura; y que beneficie a ambas partes (Ríos-Ibarra, 2020).

Las pasturas de las praderas pueden ser parcialmente aprovechadas por los cerdos y aportan a la reducción de los costos de alimentación, proporcionando proteínas de calidad, además de, vitaminas y minerales que se ahorra el porcicultor. Los cerdos criollos cuentan con una mayor capacidad para la asimilación de las pasturas y son menos selectivos con ellas. Debido al pequeño volumen del intestino de los cerdos, en donde fermentan las pasturas, se considera que la alimentación de cerdos a base de pastos es rentable sólo para mantener a los vientres y sementales. Sin embargo, complementando su alimentación, y utilizando razas de cerdos con mayor adaptación al pastoreo se considera factible la engorda de cerdos bajo este sistema (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2020).

En Coatepec, se ha identificado un caso de producción de cerdos en pastoreo. La granja opera un sistema de cerdos en pastoreo que disminuye la dependencia a insumos y no genera aguas residuales desde hace nueve años.

Objetivo

Por lo anterior, se considera relevante evaluar el proceso de engorda de cerdos criollos en pastoreo en Coatepec para su transferencia tecnológica como solución a la situación que enfrentan los productores a pequeña escala en México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Rancho Escuela Agrosol en Coatepec, Veracruz, evaluando nueve cerdos de raza Pelón Mexicano en un sistema de pastoreo. Los lechones, de 60 días de edad, no fueron descolados ni descolmillados y no recibieron minerales, vacunas ni medicamentos. Se usaron tres parcelas de diferentes áreas para su engorda a partir del destete (167 m^2 , 870 m^2 y 650 m^2) delimitadas por cerco eléctrico. El pastoreo fue continuo hasta el consumo total de las pasturas de cada parcela. Se limitó el acceso a pasturas tiernas con malla eléctrica para fomentar un consumo no selectivo. La alimentación no estricta se adaptó a la etapa de desarrollo de los cerdos y la disponibilidad de insumos, buscando reducir costos. La alimentación complementaria a las pasturas fue con salvadillo de trigo y suero de leche de vaca como sustituto del agua para beber. Se registró estrictamente la alimentación, tomando datos de peso en períodos catorcenales. Para estimar el costo de alimentación se calcularon los precios de insumos según el precio locales. Los resultados se presentan mediante estadística descriptiva.

Resultados y discusión

Se utilizaron tres de las cuatro parcelas inicialmente previstas, ya que los cerdos presentaron dermatitis en la parcela P4 después de horas de su introducción. La parcela P1 (167 m^2), se utilizó principalmente para adaptar a los lechones al cerco eléctrico. En esta parcela, los cerdos tuvieron acceso libre a las pasturas, con alimentación *ad libitum*. La parcela P2 (870 m^2) fue usada desde el día 28 al 67 de la engorda y nuevamente, después de la recuperación de las pasturas, del día 110 al 140. La estancia en la parcela P3 (650 m^2) abarcó del día 67 al 109, con acceso libre a las pasturas en franjas de 30 m^2 . De acuerdo con Pietrosemoli *et al.*, (2020) los cerdos en el sistema de pastoreo continuo no deben permanecer el tiempo necesario para descubrir el suelo, sin embargo, en este experimento se promovió el consumo total de la pastura para su posterior utilización en agricultura, exceptuando la P2 en donde se permitió la recuperación de la vegetación para un segundo periodo de pastoreo.

El agua fue sustituida por suero de leche *ad libitum*, sumando 12.5 m^3 durante todo el ciclo, aunque hubo desperdicios significativos. La alimentación suministrada se registra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad (kg) de alimento suministrado a los cerdos

Días	ME	ST	ABC
1 al 18	2	2	2
19 al 28		3	3
29 al 30		4.5	4.5
38 al 47		3	3
48 al 67		9	
68 al 88		8	
89 al 140		3	3
Total	36	640.5	292.5

ME= Maíz entero, ST= Salvadillo de trigo, ABC= Alimento balanceado comercial

Los cerdos demostraron comportamientos específicos al defecar y orinar, evitando hacerlo cerca de sus áreas de comida, lo que coincide con estudios de (Cisneros-Sagüilán *et al.*, 2020).

El desarrollo de la piara inició con un peso promedio de $11.7 \pm 3.1 \text{ kg}$ por cerdo y finalizó con $62.33 \pm 6.4 \text{ kg}$ por cerdo a los 140 días (Figura 1). La ganancia de peso fue lineal hasta el día 84, con una interrupción debido a un cuadro de dermatitis y diarreas leves entre los días 104 y 112, lo que afectó temporalmente la Ganancia Diaria de Peso (GDP). La Conversión Alimenticia (CA) y la Eficiencia Alimenticia (EA) fueron afectadas por la retirada del alimento balanceado comercial y su reintroducción a partir del día 89.

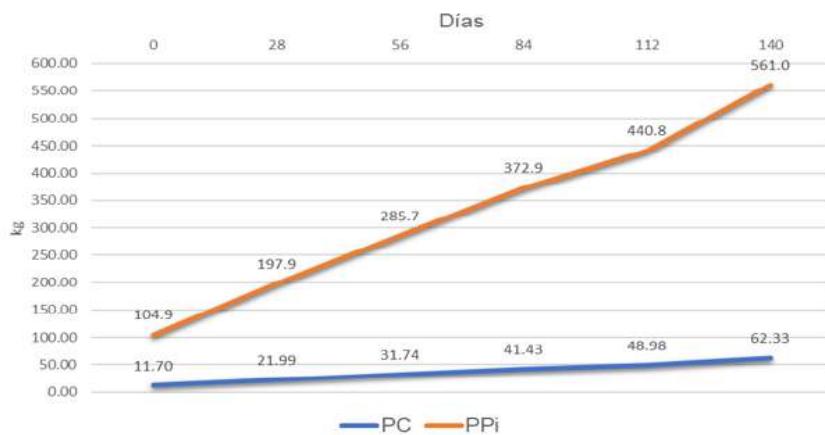


Figura 1. Desarrollo en kg de la piara de cerdos en pastoreo. PC= Peso por cerdo promedio, PPi= Peso de la piara total.

Los parámetros productivos finales muestran una CA de 2.2, una EA de 0.48, y una GDP de 0.36 kg/día . Aunque la GDP se considera baja en comparación a la esperada en un sistema convencional, fue superior a los 0.22 a 0.31 kg d^{-1} reportados para la raza pelón mexicano (Montiel-Pérez *et al.* 2023). El costo total de alimentación fue de $\$7,278.00$, equivalente a $\$15.95$ por kg de carne, representando el 41.9 % del precio de venta del producto en pie, inferior al 70 % reportado en estudios previos.

Conclusiones

La dieta basada en pasturas reduce los costos de alimentación y mejora la conversión alimenticia de la dieta sólida suministrada, aunque la ganancia diaria de peso es menor que en sistemas convencionales. El agua para beber de los cerdos en pastoreo se puede obtener del suero de leche y la humedad de las pasturas, evitando la generación de aguas residuales. La producción de cerdos en pastoreo es adecuada para productores de pequeña escala que no pueden financiar un proceso de engorda con alimento balanceado comercial.

Referencias bibliográficas

1. Cisneros-Saguilán, P., Aniano-Aguirre, H., Martínez-Martínez, R., Gómez-Vázquez, A., Maldonado-Peralta, M.D.L.Á. y Ayala-Monter, M.A. 2020. Forraje verde hidropónico en dietas de cerdos en crecimiento en Pinotepa Nacional, Oaxaca. Remexca 11(SPE24), 247-253. 10.29312/remexca.v0i24.2375.
2. Montiel-Pérez, M.M., Rodriguez-Carpena, J.G., Montejo, P.G., Deniz-González, P.J., Ruíz-Flores, A. y Grageola-Nuñez, F.G. 2023. Comportamiento productivo de cerdos Pelón Mexicano en iniciación alimentados con tres niveles de lisina en la dieta. Latin American Archives of Animal Production 3: 115-120. <https://doi.org/10.53588/alpa.310521>.
3. Pietrosemoli, S., Green, J.T. y Villamide, M.J. 2020. A Comparison of Stocking Methods for pasture-based growing-finishing pig production systems. Animals 10:1885-1902. <https://doi.org/10.3390/ani10101885>.
4. Ríos-Ibarra, E. 2020. La contaminación de granjas porcinas industriales, el ejemplo de Yucatán. ResearchGate 1:1-6. <https://www.researchgate.net/publication/342886500>.
5. Solís-Tejeda, M.A., Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chávez, M.R. y Ruelas-Monjardin, L.C. 2021. Analysis of the environmental impact generated by backyard swine production in Tepetlán, Veracruz, Mexico. Agro Productividad 14: 1-7. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i6.1875>.

ACERCAMIENTO AL ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE LA REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS PECUARIAS EN EL AÑO 2023.

Diana Ramírez Álvarez^{*1}, Arturo García Frausto¹

¹Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, Campo experimental Mocochá CIR Sureste-INIFAP

*Autor para correspondencia: cienciaspecuarias@inifap.gob.mx

Palabras clave: Publicación, bibliometría, revista pecuaria.

Introducción

El estudio de la producción científica es la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos para definir los procesos de la comunicación escrita, la naturaleza y el desarrollo de las disciplinas mediante técnicas de recuento y análisis de la comunicación y sus actores (Ardanuy, 2012). Actualmente, los métodos bibliométricos se han convertido en herramientas primordiales para evaluar la actividad científica, pues a través de las publicaciones se puede identificar y analizar tendencias en cuanto a las temáticas, autorías, instituciones y los vínculos existentes entre sí (Barrera et.al., 2021), además se pueden integrar datos y obtener una explicación sólida sobre la actividad académica, cuantificando ventajas y desventajas, fortalezas y debilidades, identificando oportunidades de mejora, y buscando nuevas aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento (Siche y Siche, 2023).

En particular, la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias (RMCP) del INIFAP, es un órgano de difusión científica y técnica del sector pecuario. Su objetivo es dar a conocer los resultados de las investigaciones relacionadas con las ciencias pecuarias, particularmente las que se refieren a las distintas disciplinas de la Medicina Veterinaria y Zootecnia. Para un adecuado manejo de los manuscritos ingresados, la Revista se divide en once áreas disciplinarias, por lo que está dirigida a especialistas en estas áreas. Se publica de forma trimestral, por lo que cada volumen está compuesto por cuatro números: el primero corresponde a los meses de enero-marzo, el número dos a los meses de abril-junio, el tres a los meses de julio-septiembre y por último el cuarto número abarca los meses de octubre-diciembre. En la Revista se publican tres tipos de documentos: artículos científicos originales, revisiones bibliográficas y notas de investigación.

Actualmente se distribuye únicamente en formato digital a través del sistema de gestión editorial OJS (*Open Journal System*), en acceso abierto. Ha sido incluida en diversos servicios indizadores y plataformas de difusión internacionales, como el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); Red SciELO, Latindex, Biblat, Dialnet, Redib, Publindex.

Se ha posicionado favorablemente en rankings como Journal Citation Report Science Edition de Web of Science y en Scimago Journal & Country Rank de Scopus Elsevier, por esto es fundamental llevar a cabo de manera continua el análisis de variables e indicadores dentro de la Revista. Así se pueden conocer las tendencias de áreas, temáticas, autores, instituciones, etcétera y poder tomar decisiones pertinentes para mejorar los servicios editoriales de la Revista y su contenido publicado. Es una necesidad actual para la RMCP ofrecer al lector interesado una visión amplia del comportamiento de nuestra comunidad especializada, derivada del análisis de las investigaciones en el campo de las ciencias pecuarias y la medicina veterinaria.

Por todo lo anterior, el objetivo fue realizar un acercamiento hacia el análisis de la producción científica y reconocer el comportamiento bibliométrico de la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias durante el año 2023.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo-retrospectivo de corte transversal de algunas variables de las publicaciones de la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias en el año 2023.

La muestra estuvo formada por 58 manuscritos publicados en los cuatro números regulares de la Revista. Se diseñó una base de datos en la aplicación Airtable, en donde se normalizó y curó la información colectada en los campos: área disciplinaria, autores, institución, tipo de publicación (artículo científico, revisión bibliográfica o nota de investigación), y editores de sección. Con estos datos cosechados se generó el catálogo de autores, instituciones, país y género.

Resultados y discusión

A lo largo del Volumen 14, se publicaron 58 manuscritos divididos en: 40 artículos, 4 revisiones y 14 notas de investigación. De acuerdo con estos tipos documentales, como se ve en la Figura 1, la distribución es la siguiente: en el primer número se publicaron más artículos científicos, seguido por el número tres, el cuatro y por último el número dos.

Referente a las revisiones bibliográficas, el número tres con el mayor número de revisiones, seguido por el uno y dos respectivamente, el número cuatro no tuvo de este tipo documental.

En cuanto a las notas de investigación, el número dos es el que contiene más de este tipo de documento, seguido por el uno y cuatro, y finalmente el tres.

Con respecto a las principales características de las publicaciones (Tabla 1), se identificaron aquellas que representan datos importantes para la operación de la Revista como son autores, instituciones, áreas y editores; y también variables que expresen el contenido como las palabras clave.

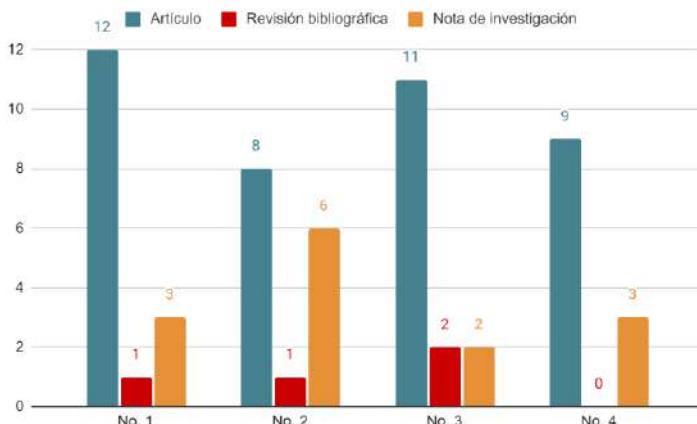


Figura 1. Distribución de los tipos de documentos de la RMCP en el Volumen 14

aquellas que representan datos importantes para la operación de la Revista como son autores, instituciones, áreas y editores; y también variables que expresen el contenido como las palabras clave.

Tabla 1. Variables cuantificadas en las publicaciones del Volumen 14

Volumen 14	Autores	Instituciones	Áreas de la revista	Editores de sección	Palabras clave
No. 1	87	24	6	10	76
No. 2	86	29	7	11	71
No. 3	88	25	8	12	67
No. 4	66	26	7	11	55
Total	327	104	28	44	269

Uno de los aspectos más importantes para el análisis de la Revista, es la distribución de los manuscritos publicados por áreas, pues permite determinar qué áreas se desarrollan más o tiene mayor interés para los autores y lectores, fortaleciendo la aceptación de la Revista en el usuario final.

En este caso, en la figura 2 se muestra cómo se dividen en cada uno de los números de este Volumen.

Se determinó que el área de Nutrición es la más significativa, pues es la que tiene mayor número de publicaciones (13) a lo largo de todo el volumen. Siguen las áreas de Forrajes y Pastizales (9), Genética (9), Microbiología (8), Parasitología (5), Socioeconomía (5), Inocuidad (4), Inmunología (2), Reproducción (2) y Epidemiología (1). Con esta información es posible orientar esfuerzos hacia áreas menos desarrolladas, fomentando a los especialistas a realizar publicaciones sobre sus investigaciones.

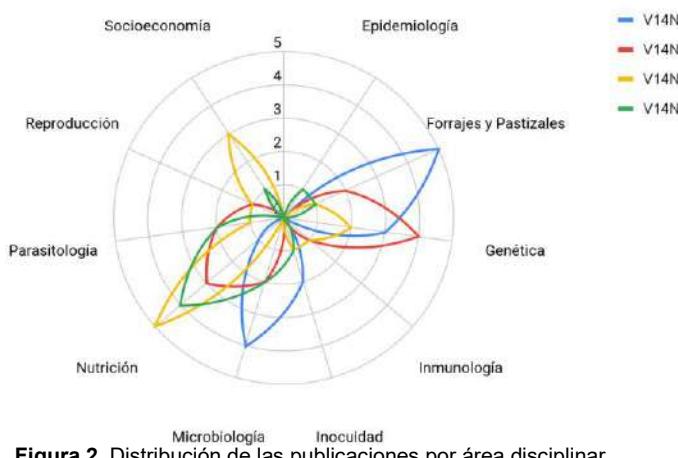


Figura 2. Distribución de las publicaciones por área disciplinaria

Inmunología (2), Reproducción (2) y Epidemiología (1). Con esta información es posible orientar esfuerzos hacia áreas menos desarrolladas, fomentando a los especialistas a realizar publicaciones sobre sus investigaciones.

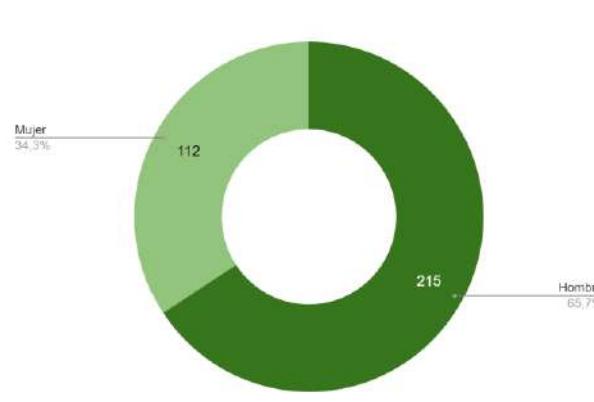


Figura 3. Género de los autores



En el caso de la figura 3, es notorio que la mayor cantidad de autores son del género masculino con el 65% del total. Este es un dato relevante, pues la situación de las mujeres investigadoras en las áreas agropecuarias es difícil y necesita de mucho trabajo en conjunto para su diseminación (Cárdenas, 2015). La Revista puede fungir como un medio para la difusión internacional de las investigaciones lideradas y llevadas a cabo por mujeres.

En la figura 4 se muestra la distribución geográfica del origen de las publicaciones de acuerdo con la adscripción de los autores. Al ser una publicación mexicana es esperado que el mayor impacto sea en nuestro país, pero se puede apreciar que la distribución es amplia a nivel internacional abarcando gran parte de América y llegando a algunos lugares de Europa, Asia, incluso África.

Conclusiones

Si bien el presente análisis es un ejercicio simple que solo abarca la producción del último año, los datos obtenidos permiten observar tendencias en las publicaciones; actores en el proceso editorial, principales áreas, lugar de origen de los autores e instituciones, entre otras.

Con este acercamiento se puede determinar que realizar este tipo de análisis de manera continua y mucho más amplia representa un beneficio a corto plazo tanto para la Revista en su función operativa como para los usuarios de nuestros servicios; además, éstos resultados pueden contribuir al establecimiento de nuevas estrategias para redireccionar los programas de investigación en el ámbito pecuario.

Referencias bibliográficas

1. Ardanuy J. (2012). Breve introducción a la bibliometría. Barcelona: Universitat de Barcelona. <http://deposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30962/1/breve%20introduccion%20bibliometria.pdf>
2. Barrera Suárez, K. V., Pinzón León, J. S., Acuña Gómez, J. S. ., & Jiménez-Barbosa, W. G. (2021). Análisis bibliométrico de las revistas científicas afines a optometría en Colombia 2014-2019. *Revista Salud Bosque*, 11(1). <https://doi.org/10.18270/rsb.v11i1.3412>
3. Cárdenas Tapia, Magali. (2015). La Participación de las Mujeres Investigadoras en México. *Investigación administrativa*, 44(116). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782015000200004&lng=es&tlang=es.
4. Siche, R. & Siche, N. (2023). The language model based on sensitive artificial intelligence - ChatGPT: Bibliometric analysis and possible uses in agriculture and livestock. *Scientia Agropecuaria*, 14(1), 111-116. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.010>

SUSTENTABILIDAD Y RESILIENCIA EN SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS DE GANADERÍA EXTENSIVA TRADICIONAL EN ZONAS ÁRIDAS DE MÉXICO.

Wendi Lisbet Domínguez-Contreras¹, Jorge Luis Becerra-López², Ricardo Augusto Rodríguez-Medina³, Juan José Montes-Sánchez^{4*}

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, ²Universidad Juárez del Estado de Durango, ³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, ⁴CONAHCYT-Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

*Autor para correspondencia: jmontes@cibnor.mx

Palabras clave. Co-construcción del conocimiento, transdisciplina, sectores sociales.

Introducción

En las últimas décadas se ha evidenciado la existencia de procesos de cambio a escala global que comprometen la capacidad adaptativa de los sistemas socioecológicos (SSE), entre ellos: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la fragmentación de los ecosistemas, la introducción de especies exóticas y los brotes de enfermedades infecciosas (Tompkins et al., 2015). Estos factores inciden de manera conjunta sobre los sistemas productivos, limitando su potencial y comprometiendo su subsistencia y capacidad de adaptación a escala global y local. De acuerdo con el Banco Mundial, 656.4 millones de personas vivían en el umbral de la pobreza extrema en el 2018. Es decir, a pesar de los preceptos del sistema económico actual, la población en pobreza extrema continúa incrementándose y con ello una serie de problemas relacionados con la falta de acceso a la salud, vivienda, educación.

Los SSE son sistemas complejos y adaptativos de diversos componentes (culturales, políticos, económicos, ecológicos y tecnológicos) que interactúan de manera continua (Cerón et al., 2019). El abordaje de sistemas complejos requiere de enfoques integradores y transdisciplinarios que permitan identificar las variables implicadas para la solución de problemas específicos. Por ello se requiere la colaboración de múltiples disciplinas y de los actores de distintos sectores de la sociedad para la conceptualización, comprensión y toma de decisiones, a través de una estrategia denominada transdisciplinariedad. Los procesos transdisciplinarios son fundamentales para comprender la complejidad de los SSE. Para ello, se requieren de múltiples formas de conocimiento, experiencias, valores, y diálogos para abordar los desafíos de la resiliencia y la sustentabilidad de los sistemas (Bieluch et al., 2016).

El desarrollo humano se encuentra íntimamente ligado al concepto de sustentabilidad, entendido como un proceso mediante el cual se logran satisfacer las necesidades de la población, no solo evitando la degradación sino favoreciendo las condiciones socioambientales que la sustentan. Hablar de sustentabilidad o ganadería sustentable y resiliencia implica no solo la comprensión integral de los conceptos, sino que dichos conceptos sean construidos, consensuados y compartidos con los actores y sectores sociales de los sistemas socioecológicos a través de procesos transdisciplinarios. Además de lo anterior, es indispensable conocer a profundidad las interacciones entre las variables biofísicas y socioeconómicas. Desde el marco teórico de sistemas socioecológicos, la causalidad de la pérdida de resiliencia y robustez de los sistemas se deriva de la interacción entre diferentes variables naturales, sociales, institucionales y económicas, por lo que resulta imprescindible conocer su magnitud y grado de influencia. El poder desarrollar sistemas socioecológicos productivos sustentables representa un gran desafío. Por lo cual, resulta imprescindible contar con enfoques multicriterio, que integren aspectos productivos, sociales y ecológicos para generar un diagnóstico certero del estado de los sistemas y con ello definir áreas, estrategias de intervención y propuestas de cambio dirigidos a incrementar la sustentabilidad y resiliencia de los sistemas socioecológicos.

Objetivos

General. Co-producir conocimientos para la sustentabilidad y resiliencia de sistemas socioecológicos de ganadería extensiva tradicional en zonas áridas.

Específicos. 1) Construir un lenguaje común sobre sustentabilidad. 2) Establecer una línea de tiempo con eventos que han impactado a los sistemas ganaderos como proceso de resiliencia. 3) Caracterizar la estructura y funcionamiento de los sistemas socioecológicos ganaderos de los sitios piloto.

Materiales y métodos

Se trabajó en tres sitios piloto distribuidos en los dos grandes desiertos de México, el Oasis de Los Comondú (localidades San Miguel de Comondú y San José de Comondú) y la Sierra de San Francisco, Baja California Sur (desierto sonorense), y el municipio General Simón Bolívar en Durango (desierto chihuahuense). Para la co-construcción de conocimiento se realizaron dos talleres participativos: A) 1er. Encuentro del Colectivo de Investigación e Incidencia: “Sustentabilidad y resiliencia en sistemas socioecológicos ganaderos de Baja California Sur”, Loreto, Baja California Sur, en septiembre de 2022, y B) 1er. Encuentro del Colectivo de Investigación e Incidencia: “Sustentabilidad y resiliencia en sistemas socioecológicos ganaderos del municipio General Simón Bolívar, Durango”, en octubre de 2022. Estos talleres 1) integraron cualidades de sustentabilidad y líneas de tiempo con eventos que han impactado a los SSE de ganadería extensiva tradicional de zonas áridas, y 2) caracterizaron los sistemas socioecológicos desde la perspectiva de los actores sociales involucrados. Esto se consensuó con actores clave de cada uno de los sitios piloto: productores, académicos y representantes de instituciones gubernamentales y de organizaciones de la sociedad civil (OSC). Las técnicas utilizadas fueron grupos focales, lluvia de ideas, líneas de tiempo y dibujos participativos del SSE (Geilfus, 2002). Para ello, los asistentes a los talleres se dividieron por mesas: a) productores, b) académicos y representantes de OSC, y c) representantes de instituciones gubernamentales.

Resultados y discusión

Académicos y representantes de OSC y de gobierno establecieron una definición concreta de sustentabilidad, mientras que los actores locales especificaron cualidades de ello. En ambos casos se identificaron características clave que fueron incluidos en las categorías: económicas, sociales y ambientales. En la Tabla 1 se observa que los actores locales de los sitios piloto consideran en menor medida los aspectos ambientales y sociales, en comparación con los aspectos económicos. Esto no significa que dejen a un lado las cuestiones ambientales, como lo mencionan un ganadero: “buscar la mecánica de cómo traer más ingresos económicos sin afectar tanto al medio ambiente.” Resalta como los académicos y representantes de gobierno y de OSC consideran más la parte ambiental. El gobierno considera menos el aspecto económico al hablar de sustentabilidad; mientras que, en el mismo tema, el sector académico y OSC consideran de más relevancia. Al terminar el ejercicio, todos los sectores presentaron sus ideas de sustentabilidad, de tal manera que se brindó un espacio de reflexión para establecer la importancia que conlleva el considerar los elementos económicos, sociales y ambientales para lograr la sustentabilidad en la ganadería. Entre las características económicas mencionadas por los actores locales se encuentran: mantener el campo productivo, ganadería reddituable, inversión, mejoramiento genético del ganado y transporte de agua y alimento. Entre las características sociales mencionadas por la academia y la OSC se encuentran: satisfacción de necesidades, equidad, inclusión y generaciones futuras. En el entorno ambiental, algunas características mencionadas por los participantes son: retención de agua, preservar los recursos naturales y servicios ambientales.

Tabla 1. Co-construcción del término sustentabilidad durante el 1er. Encuentro/Taller.

Sector social	Características		
	Económicas	Sociales	Ambientales
Actores locales de San Francisco de la Sierra	5	1	1
Actores locales de San José de Comondú	3	1	1
Actores locales de San Miguel de Comondú	3	3	
Instituciones gubernamentales	2	3	4
Academia y OSC	4	1	3
Total	17	9	9

En la Figura 1 se observan dos líneas de tiempo que muestra impactos ocurridos en los sitios piloto. Para Baja California Sur resaltan elementos como huracanes, períodos de sequía y tala de árboles para carbón, mismos que generan impactos directos a los sistemas ganaderos. También se presentan programas de gobierno que en su momento han beneficiado a la ganadería, pero que en períodos han sido retirados. En el caso de Simón Bolívar, resaltan impactos naturales como el desajuste en lluvias y períodos de sequía, así como la insuficiencia de apoyos productivos para el sector ganadero. Estos impactos nos brindan una idea de los cambios a los que se enfrenta la ganadería en zonas áridas y cómo a pesar de ello, los sistemas

ganaderos se han adaptado y son, hasta cierto punto, resilientes ante dichas perturbaciones. Se logró caracterizar los sitios piloto (Figura 2), lo cual incluye cuestiones de sistema productivo, comercialización, estrategias de manejo, problemática, propuesta de soluciones y perspectivas de la ganadería a futuro.

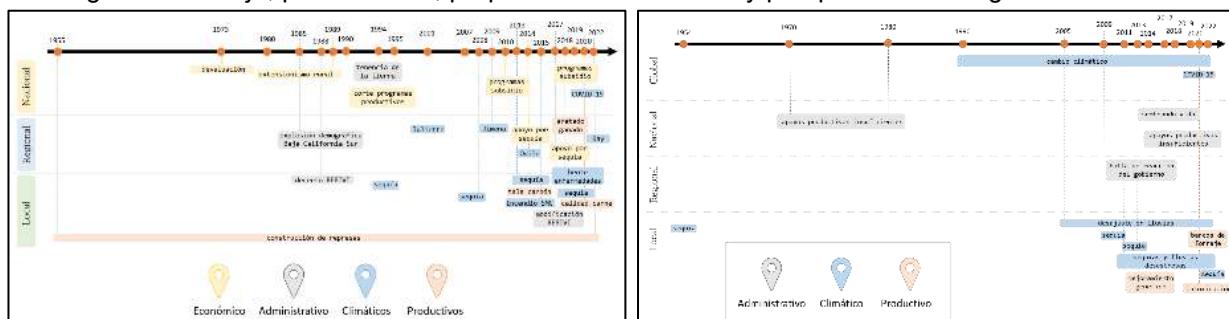


Figura 1. Línea de tiempo de cambios o impactos en los sitios piloto en Baja California Sur (Oasis de Comondú y Sierra de San Francisco, izquierda) y al municipio General Simón Bolívar (derecha).



Figura 2. Caracterización de la ganadería en el municipio General Simón Bolívar, Durango.

Conclusiones

Mediante el uso de estrategias dinámicas participativas se creó un espacio de diálogo y reflexión para co-construir conocimiento en términos de sustentabilidad y resiliencia de los sistemas ganaderos. Asimismo, se identificaron factores que limitan el crecimiento de la ganadería extensiva en zonas áridas, tales como eventos climáticos, sociales, económicos y sanitarios. Los sistemas ganaderos se enfrentan a diversos impactos que pueden beneficiar o perjudicar la resiliencia de los sistemas. A través de la creación de espacios de colaboración y reflexión se identificaron prioridades y estrategias para contribuir a la resiliencia y sustentabilidad de la ganadería extensiva tradicional en zonas áridas.

Agradecimientos y fuentes financiadora

Se agradece al CONAHCYT por el apoyo económico a través del proyecto Pronaces-Pronaii SSyS 319072. Además, se agradece a los participantes de diferentes sectores sociales al taller y el apoyo brindado a Christian Silva Bejarano y Rigoberto López Amador para la realización de los talleres.

Referencias bibliográficas

1. Bieluch, K. H., Bell, K., Teisl, M., Lindenfeld, L., Leahy, J. & Silka, L. (2016). Transdisciplinary research partnerships in sustainability science: an examination of stakeholder participation preferences. *Sustainability Science* 12, 87-104. <https://doi.org/10.1007/s11625-016-0360-x>.
2. Cerón, V., Fernández, G., Figueroa, A. y Restrepo, I. (2019). El enfoque de sistemas socioecológicos en las ciencias ambientales. *Investigación y Desarrollo* 27, 85-109.
3. Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José.
4. Tompkins, D., Carver, S., Jones, M., Krkošek, M. y Skerratt, I. (2015). Emerging infectious diseases of wildlife: a critical perspective. *Trends in Parasitology* 31, 149-159. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2015.01.007>.

TIPOLOGÍA DE PRODUCTORES, USO DE RECURSOS AGROPECUARIOS Y PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA BOVINOS DOBLE PROPÓSITO EN SINALOA.

Venancio Cuevas-Reyes^{1*}, Alfredo Loaiza Meza²; Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez²; Cesar Rosales Nieto³

¹CE Valle de México CIRCE-INIFAP, ²CE Valle de Culiacán CIRNO-INIFAP, ³Department of Agricultural Sciences, Texas State University.

*Autor para correspondencia: cuevas.venancio@inifap.gob.mx

Palabras clave: Tipología, bovinos doble propósito.

Introducción

En México, la producción pecuaria se lleva a cabo bajo diferentes sistemas productivos y regiones geográficas intensificando el uso de los recursos naturales. En regiones del trópico seco con problemas de sequía la producción de forraje para el ganado resulta en un gran factor crítico, para ello se debe utilizar los recursos agrícolas disponibles. Di Virgilio et al. (2019) señala que, respecto a los pastizales, hay carencia de estudios relacionadas con las posibles interacciones con el tipo de ganado, la duración de los períodos de descanso alternativos en los esquemas de rotación y, en particular, sobre los factores socioeconómicos.

Objetivo

Identificar el uso de recursos agrícolas y la relación entre la superficie agrícola disponible y la productividad en seis municipios del sur de Sinaloa.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en seis municipios del sur Sinaloa: Concordia, San Ignacio, Elota, Mazatlán, El Rosario y Sinaloa, en los cuales se practica el sistema de producción bovinos doble propósito (SBDP). La muestra estuvo compuesta por 60 unidades de producción, la selección de los ganaderos fue a través de muestreo dirigido y los criterios de selección fueron: 1) el productor contara con ganado bovino y 2) que tuviera disponibilidad para responder la encuesta; el cuestionario fue aplicado en el año 2022. Para el análisis de la información se utilizó el análisis clúster, se identificaron tres grupos de productores (C1, C2 y C3) los cuales fueron caracterizados por estadística descriptiva. El criterio de agrupación fue el método de vinculación de Ward y la medida de asociación fue la distancia euclídea al cuadrado. Para analizar la relación entre la superficie agrícola y la productividad pecuaria se utilizó análisis de correlación. Los análisis se realizaron en el programa SPSS.

Resultados y discusión

El análisis clúster permitió clasificar a los productores en tres grupos o clústeres: el Clúster1 (C1, n=14) constituye el 23 % de UP, el Clúster2 (C2, n=39) representa el 65%, mientras que el Clúster3 (C3, n= 7) representa el 12 % del total de la muestra (Figura 1). Bautista-Martínez et al. (2020) en un estudio realizado en Texcoco, reportaron tres Clúster y la tendencia en los tipos de productores fue: Chico (63%), Mediano (29%) y Grande (8%), a diferencia de este estudio donde el mayor número de productores se agrupo para el clúster de en medio.

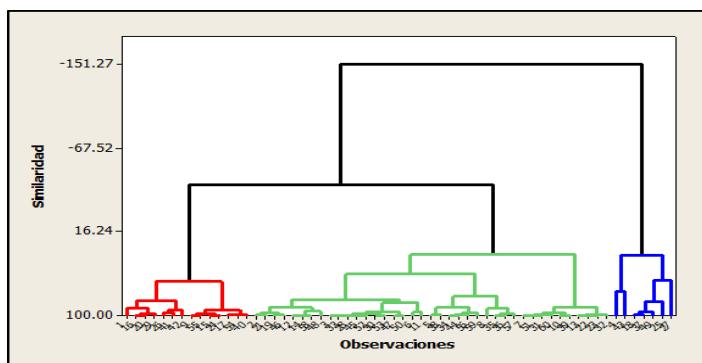


Figura 1. Tipología de productores de ganado bovino con base al uso de recursos utilizados.

Caracterización social y recursos agrícolas

La variable edad del productor con 63.2 ± 15.9 , 52.8 ± 13.7 y 56.3 ± 15.3 para el C1, C2 y C3, respectivamente, no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$), en cambio la escolaridad si presentó diferencias; el C1 (1.6 ± 1.0^a) y C2 (2.8 ± 1.2^{ab}) parecen contar con el mismo nivel de escolaridad, sin embargo, en tanto el C1 (1.6 ± 1.0^a) y C3 (3.8 ± 1.4^{bc}) no cuentan con el mismo nivel de estudios. La disponibilidad de superficie agrícola para alimentación del ganado resulta similar para el grupo de ganaderos del Clúster 1 y 2. El C3 tiene mayor superficie agrícola (120.8 ± 49.0^b) y agostadero (84.4 ± 51.0^b) en comparación con los productores del C1 y C2 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Disponibilidad de tierra por grupo de productores (ha), (media±de)

Clúster	Superficie total	Superficie sembrada	Superficie en descanso	Agostadero
C1	32.8 ± 20.0^a	19.0 ± 11.7^a	3.5 ± 7.4^a	13.6 ± 9.5^a
C2	38.5 ± 29.9^a	13.9 ± 9.9^a	4.3 ± 7.7^a	23.8 ± 27.6^a
C3	120.8 ± 49.0^b	36.4 ± 26.2^b	0	84.4 ± 51.0^b

En lo relacionado al establecimiento de cultivos anuales y perennes, se identificó que el cultivo que siembran en mayor medida para contar con forraje es el sorgo, en segundo lugar, praderas establecidas en condiciones de lomerío, en tercer lugar, praderas en condiciones planas y maíz (Cuadro 2). Esto debido a que no se cuenta con los forrajes necesarios para cubrir la alimentación durante las épocas de estiaje (Orantes-Zebadúa *et al.*, 2014)

Cuadro 2. Cultivos sembrados por grupo de productores (ha), (media±de)

Clúster	Sorgo	Maíz	Praderas en lomerío	Praderas en superficie plana
C1	7.7 ± 8.6^a	4.5 ± 5.2^a	29.0 ± 18.5^a	10.2 ± 5.0^a
C2	10.4 ± 10.9^{ab}	2.8 ± 5.2^a	7.1 ± 5.4^a	8.0 ± 11.3^a
C3	28.2 ± 17.4^c	4.3 ± 7.5^a	16.5 ± 19.0^a	5.0 ± 4.3^a

La variedad de sorgo más utilizada por los ganaderos es el sorgo gavatero (71.4% del C1, 73.7% del C2 y 80% del C3). El 5.3% de productores del C2 utiliza la variedad de sorgo costeño 201, y en el C2 el porcentaje de productores que utiliza esta variedad es del 20%. La variedad de milon blanco es utilizada por el 28.6% de productores del C1 y 15.8% del C2.

Cuadro 3. Recursos agrícolas utilizados (%)

Clúster	Sorgo gavatero	Sorgo costeño	Milon	Pasto llanero	Pasto bermuda	Alfalfa	Mijo
C1	71.4	0	28.6	50	12.5	0	0
C2	73.7	5.3	15.8	41.7	8.3	16.7	6.3
C3	80	20	0	33.3	33.3	0	25

Nota: Número de productores que señalaron las enfermedades: C1=8, C2=12 y C3=4.

El tipo de praderas que más se utilizan por los ganaderos entrevistados es el pasto llanero (*Andropogon gayanus*): el porcentaje de productores que lo utilizan en el C1 es el 50%, 41.7% en el C2 y 33.3% en el C3. La segunda especie utilizada es la utilización de pasto bermuda var. Callie (*Cynodon dactylon*): 12.5% del C1, 33.3% del C2 y 33.3% del C3. Dos productores del C2 utilizan Alfalfa, un productor del C1 y un productor del C2 utiliza pasto buffel, un productor del C1 y uno del C3 utilizan pasto Sudan. Además, es utilizado por un productor especies de pasto Guinea, pasto Mombaza y pasto Tanzania. Y 25 % del C3 utiliza el forraje mijo. El uso de praderas es una alternativa muy utilizada y relacionada con la producción de leche en las unidades de producción (Bautista-Martínez et al., 2017).

Recursos pecuarios y variables relevantes de la productividad

El número de sementales y la cantidad de vacas adultas presentaron diferencias significativas ($p<0.05$). A diferencia de Bautista-Martínez et al. (2020) los productores de Sinaloa si cumplen con el número de sementales por vaca recomendado (un semental para cada 20 vacas) en el número de becerros producidos y producción de leche por día, los productores del C1 y C2 resultaron sin diferencias significativas, pero ambas variables si son diferentes para el C3 (Cuadro 4). Los productores que cuentan con mayor tecnología son los que producen una mayor cantidad de leche y becerros (Bautista-Martínez et al., 2020)

Cuadro 4. Variables pecuarias de los grupos de productores (número de cabezas), (media \pm de)

Clúster	Sementales	Vacas adultas	Becerros producidos	Leche/día (l)
C1	2.2 \pm 0.4 ^a	30.6 \pm 12.7a	13.7 \pm 8.8 ^a	66.5 \pm 59.7 ^a
C2	1.0 \pm 0.3 ^b	14.8 \pm 6.8 ^b	8.2 \pm 5.2 ^a	63.5 \pm 59.3 ^a
C3	3.0 \pm 0.8 ^c	46.4 \pm 25.2 ^c	31.0 \pm 14.9 ^b	728.0 \pm 1274.2 ^b

Al analizar los resultados de la correlación entre superficie total con las variables de productividad pecuaria (becerros producidos y productividad de leche por día) encontramos un coeficiente de correlación de 0.55, para la producción de leche y de 0.45 para la producción de becerros al año con un valor de $p < 0.01$. Estos resultados nos muestran que la fuerza de asociación entre la variable superficie total y producción de leche es alta y entre superficie total y producción de becerros una asociación media, se observa una correlación significativa, es decir que no es atribuible al azar.

Conclusiones

El análisis realizado nos muestra que los productores de los tres grupos utilizan al menos tres especies agrícolas (sorgo, praderas, y maíz) algunos utilizan también el mijo, y el pastoreo en el agostadero comunal. Es decir, enfrentan la producción de forraje con una diversidad de especies. Y se identificó que una mayor superficie agrícola total influye en una mayor productividad pecuaria. Se recomienda considerar los diferentes usos de la tierra para eficientizar el uso del suelo en la ganadería bovina de doble propósito de los productores entrevistados y de otras que se encuentren en condiciones similares.

Agradecimientos y fuente financiadora

A los ganaderos entrevistados y al INIFAP por el financiamiento al proyecto SIGI 16174537555: "Producción sustentable de forraje bajo un contexto de cambio climático y degradación de suelos en el trópico seco de México".

Referencias bibliográficas

1. Bautista-Martínez, Y., Herrera-Haro, J. G., Espinosa-García, J. A., Martínez-Castañeda, F. E., Vaquera-Huerta, H., Bárcena-Gamma, J. R., & Morales, A. (2017). Relación entre las prácticas tecnológicas de manejo, la producción y su asociación con las épocas del año en el sistema de doble propósito del trópico mexicano. *Nova scientia*, 9(19), 154-170.
2. Bautista-Martínez, Y., Granados-Zurita, L., Joaquín-Cancino, S., Ruiz-Albarrán, M., Garay-Martínez, J. R., Infante-Rodríguez, F., & Granados Rivera, L. D. (2020). Factores que determinan la producción de becerros en el sistema vaca-cría del Estado de Tabasco, México. *Nova scientia*, 12(25).
3. Di Virgilio, A.S.; Lambertucci, S.A.; Morales, J.M. 2019. Sustainable grazing management in rangelands: Over a century searching for a silver bullet; Elsevier Science; Agriculture, Ecosystems and Environment; 283; 1-11.
4. Orantes-Zebadúa, M. Á., Platas-Rosado, D., Córdova-Avalos, V., los Santos-Lara, D., del Carmen, M., & Córdova-Avalos, A. (2014). Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(1), 49-58.

LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA BAJO EL ENFOQUE DEL MODELO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA POR PORCICULTORES DE CUITZEO MICHOACÁN, MÉXICO.

Gerardo Barrera Camacho^{1*}, ²Oswaldo Barrera Torres, ²Maricruz Calderón González, ²Maritza Cecilia Rodríguez Cira

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias- Campo Experimental Uruapan,

²PSP independientes.

*Autor para correspondencia: barrera.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Percepción tecnológica, tasa de adopción, porcicultura de traspatio.

Introducción

En la actualidad se han utilizado enfoques holísticos para analizar la adopción de la tecnología y, por lo tanto, consideran un rango amplio de factores que afectan su aceptación. Así mismo, los cuales pueden medirse con la utilidad percibida (UP) y la facilidad de uso (FUP) de la misma, destacando el soporte riguroso en teorías como la conducta planificada, la acción razonada, entre otras, señala Thomas, Rosemary J., et al (2023). En la academia, como en instituciones de investigación relacionadas con el desarrollo rural, focalizan esfuerzos para contribuir al logro de ese objetivo sustentable. Su aportación, una de ellas, es a través de implementar políticas de innovación tecnológica y programas de transferencia y capacitación tecnológica a productores en el área de la ribera del lago de Cuitzeo. Lo anterior solventa la limitación del escaso conocimiento de disponibilidad de innovaciones y de sus beneficios potenciales; como su amplio beneficio económico, productivo y ambiental (Castiblanco Jimenez, I.A, et al. (2021). Por su parte, Barrera C. G., et al. (2020) indica que la adopción de tecnologías apropiadas y respetuosas con el medio ambiente es baja, privando de contribuir al desarrollo sustentable del sector y, por lo tanto, a aliviar la pobreza rural de las comunidades de la ribera del lago de Cuitzeo. Estudios sobre implementación tecnológica realizados para conocer qué factores influyen en la aceptación de tecnología agropecuaria ecológica por agricultores, han encontrado que está influenciada por una combinación de circunstancias subjetivas y objetivas; dentro de las primeras incluye el aprendizaje social, las redes sociales, aspectos socioeconómicos, factores de precios, el clima social, los riesgos de adopción, la regulación gubernamental, la proporción del ingreso de la actividad en el ingreso total del hogar y los beneficios económicos de las tecnologías de producción ecológica, el entorno tecnológico y acceso a las materias primas; en tanto que, las subjetivas son la percepción de compensación ecológica y del entorno ecológico, la conciencia de la crisis medioambiental, el efecto de mejora del entorno y la percepción de la política medioambiental ecológica (Dong H, et. al. 2022).

Objetivo

Conocer la asociación de los factores utilidad percibida (UP) y la facilidad de uso percibida (FUP) en la decisión de adoptar la tecnología de ensilado de cerdaza (EC) por porcicultores de sistema de traspatio (ST) de Cuitzeo Michoacán, debido a que en este municipio rural, la actividad porcícola es fuente secundaria importante de ingreso y existe la tecnología EC que contribuye a mejorar el ingreso monetario y a mitigar el daño ambiental causado por la actividad., características que la hacen atractiva para ser adoptada.

Materiales y métodos

Las comunidades donde se desarrolló este estudio pertenecen al municipio de Cuitzeo, ubicado en la ribera del lago del mismo nombre en el estado de Michoacán, en las cuales de realizaron eventos de transferencia, difusión y capacitación tecnológica de EC del 2018 a 2023. Se considera la media pondera de los asistentes estimada como $\bar{Y}_w = \frac{\sum w_i Y_i}{\sum w_i}$, donde Y_i media del evento i y w_i es su ponderador por tipo de acontecimiento, siendo $\bar{Y}_w = 60$ asistentes. Se realizó un análisis descriptivo de tablas de contingencia y la prueba de Chi cuadrada (χ^2) a un $\alpha=0.05$ para probar la independencia entre la clasificación de adoptantes, 0=no adopta y 1=adoptó, con factores de utilidad percibida (UP); 0=nula, 0.5=útil y 1= muy útil y, para la facilidad de uso percibida (FUP), 0=difícil, 0.5=fácil y 1= muy fácil los cuales son componentes básicos del TAM. Así como el grado de asociación con el coeficiente de correlación V. de Cramer, bajo la H_0 : que adoptar EC es

independiente de las variables UP y FUP; es decir, carecen de asociación. Para estimar los parámetros se usó el software SPSS 20 Statistic (IBM, 2011).

Resultados y discusión

La decisión de adoptar se relaciona con variables UP y FUP, las cuales en gran medida tienen relación con la percepción del productor en el contexto de su sistema de producción. De los 60 porcicultores 21 adopta y 39 no el EC; de los primeros, 12 señalan que la tecnología es muy útil y de 39 que no adoptan, 17 indicaron que la tecnología tiene nula utilidad y 15 que es útil; lo que representa el 43.6% y 38.5% de esta categoría respectivamente: la no Ad representa un 65% del total de esta decisión. En cuanto a la variable FUP, se observa en el cuadro 1 que se tienen los mismos valores de la frecuencia de toma de la decisión, la frecuencia absoluta de FUP muy fácil es de 11 y expresa un 52.4% dentro de los adoptantes y difícil en los que no adoptan el EC es 21 porcicultores de 39. Así, al observar los resultados de la decisión de Ad, el 65% no adopta y el 35 si, independiente de la percepción considerada de las variables UP y FUP.

Cuadro 1. Tabla de contingencia de la decisión de Ad con relación a la UP y FUP en la adopción de tecnología EC por porcicultores, 2024.

Decisión	Recuento	UP			Recuento	FUP		
		Nula	Útil	Muy útil		Difícil	Fácil	Muy fácil
Adopta	21	3.0 (14.3)*	6.0 (28.6)	12.0 (57.1)	21	2.0 (9.5)	8.0 (38.1)	11.0 (52.4)
No adopta	39	17.0 (43.6)	15.0 (38.5)	7.0 (17.9)	39	21.0 (53.8)	11.0 (28.2)	7.0 (17.9)
Total	60	20.0	21.0	19.0	60	23.0	19.0	18.0

*indica la frecuencia relativa, dentro de la decisión de Ad.

En el cuadro 2, se examina la clasificación de las variables consideradas en la Ad, se contempla que el 85% de 20 no adopta al considerar la UP nula y el 71.5% de 21 consideran que es útil, pero no la adoptan. Respecto a la FUP el 91.3% de 23 que lo consideran difícil y deciden no adoptar. Del total de asistentes, 60, el 33% considera nula y el 38.3% difícil la FUP.

Cuadro 2. Tabla de frecuencias relativas (%) dentro de categorías de UP y FUP respecto a Ad tecnología EC por porcicultores, 2024.

Decisión	Recuento	UP			Recuento	FUP		
		Nula	Útil	Muy útil		Difícil	Fácil	Muy fácil
Adopta	21	15.0	28.5	63.1	21	8.7	42.1	61.1
No adopta	39	85.0	71.5	36.8	39	91.3	57.9	38.9
Total	60	100.0	100.0	100.0	60	100.0	100.0	100.0

Fuente: Cálculos propios con base al cuadro 1.

Los resultados obtenidos concuerdan con Barrera C. G. et al (2023) al analizar las características sustentables del EC al considerar la rentabilidad y de capacidad de mitigar el daño ambiental; sin embargo, la tasa de adopción es baja. De la misma manera se esperaba que las características demostradas en los eventos de capacitación y demostración se adoptara el EC en al menos un 80% por los productores y que influyeran más en la toma de decisión como lo señala Castiblanco Jiménez, I.A, et al. (Ibid), que los dos factores estudiados son determinantes en la actitud de adoptar o no la tecnología.

Cuadro 3. Prueba χ^2 de independencia, al $\alpha=0.05$ de significancia de la decisión de adoptar el EC con base a percepción de UP y FUP del modelo TAM, 2024.

Prueba estadística	UP	FUP	Casos validos
χ^2	0.005*	0.002*	60
V. de Cramer	0.419	0.462	60

* $p<0.05$.

Con relación al análisis de independencia χ^2 de adoptar (Ad) tecnología EC con la percepción de las variables UP y FUP, resulta que para ambos las tomas de decisión con base a la percepción de esas variables no son independientes; es decir, el adoptar o no se relaciona con la percepción de los porcicultores de su utilidad y facilidad de uso, como se presenta en el cuadro 3. Referente al grado de asociación V de Cramer entre Ad y UP, son moderadas para ambas relaciones y, por lo tanto, aun percibiendo que tienen cualidades en utilidad y facilidad la no adopción tecnológica es clara. Aspectos de las relaciones sociales entre la comunidad y las comunidades no se exploró, pero si tienen relaciones entre y dentro de ellas, lo que puede influir en la decisión tomada. Al respecto, en la literatura se menciona que a pesar de que los productores conocen que adoptar tecnologías trae beneficios económicos y ambientales, son influenciados por la actitud de vecinos, vendedores de insumos agropecuarios y de los amigos de su entorno más cercano (Mottaleb et al. 2019), subrayando que la mayoría de los agricultores del área de estudio son agricultores de subsistencia.

Conclusiones

La percepción de la UP y su FAP influyen en la decisión de adoptar tecnología de EC; sin embargo, presenta el reto de cambiar la valoración de percepción de uso nulo dominante y afianzar la facilidad de uso que aumente su tasa de adopción. Por lo cual, se deben dirigir esfuerzos para lograr incrementar la asociación moderada que presenta la decisión de adoptar a corto plazo. Acciones estratégicas en la facilidad de uso percibida, son clave para contribuir a mejorar el desempeño más eficiente al proceso de producción del ST y que no requiera conocimientos complejos para su implementación.

Agradecimiento y fuente financiadora

Los autores agradecen al Proyecto INIFAP SIGI 11185034490

Referencias bibliográficas

1. Barrera C. G., Silva S. Ma., González C. M. 2020. INTENSIÓN DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA POR PORCULTORES DE LA RIBERA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN. MEMORIA Congreso Nacional de Mitigación Daño Ambiental en el Sector Agropecuario y Forestal de México. 3 (1): 112-115. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://99c0a978-dd38-41b4-b635-28995015255f.filesusr.com/ugd/3a1488_170f4597fb0a4fb697a29e987f43f56f.pdf.
2. Castiblanco Jimenez, I.A., Cepeda García, L.C., Marcolin, F., Violante, M.G., Vezzetti, E. 2021. Validation of a TAM Extension in Agriculture: Exploring the Determinants of Acceptance of an e-Learning Platform. Appl. Sci. (11), 4672. <https://doi.org/10.3390/app11104672>
3. IBM. 2011. SPSS Statistics Base 20. 327 p. En ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/20.0/es/client/Manuals/IBM_SPSS_Statistics_Base.pdf.
4. Dong H., Wang H. and Han J. (2022). Understanding Ecological Agricultural Technology Adoption in China Using an Integrated Technology Acceptance Model—Theory of Planned Behavior Model. Front. Environ. Sci., 30. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.927668>.
5. Mottaleb, K.A., Rahut, D.B. and Erenstein, O. (2019), Small businesses, potentially large impacts: The role of fertilizer traders as agricultural extension agents in Bangladesh, *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 9 (2): 109-124. <https://doi.org/10.1108/JADEE-08-2017-0078>.
6. Thomas, Rosemary J., O'Hare , Gregory & Coyle, David. 2023. Understanding technology acceptance in smart agriculture. A systematic review of empirical research in crop production. Technological Forecasting and Social Change (189) 122374. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122374>.

IMPACTO DEL FACTOR DE ANCLAJE EN EL PATRÓN DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA DE ENSILADO DE CERDAZA POR PORCICULTORES DE TRASPAÑO.

Gerardo Barrera Camacho^{1*}, Maricruz Calderón González², ²Oswaldo Barrera Torres

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Uruapan,²PSP

*Autor para correspondencia: barrera.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Desarrollo corresponsable, porcicultura, dinámica de adopción tecnológica.

Introducción

Un modelo utilizado desde los años ochenta para explicar y predecir la adopción de tecnología, señala Castiblanco Jimenez, I.A, *et al.* (2021), es el Modelo de Aceptación de Tecnología 3 (TAM3 por sus siglas en inglés), el cual considera que una tecnología será aceptada esta debe ser superior o en su caso hace eficiente el proceso productivo. Por lo anterior y considerando que los pequeños agricultores enfrentan problemas cada vez más complicados, las instituciones públicas para el desarrollo rural lo impulsa a través de políticas de extensionismo, transferencia e innovación tecnología; sin embargo, estudios y evaluaciones de esas políticas concluyen que la tasa de adopción (Ad) es baja y lenta para ciertos tipos de tecnología y diversos estratos socioeconómicos de los productores, lo cual influyen en ello. Por lo general, las tecnologías están orientadas a incrementar la productividad y la rentabilidad bajo la premisa de lograr sustentable el sistema agroalimentario o agroindustrial que la incorpore y la participación de gobiernos y organizaciones de desarrollo es fundamental para contribuir a ese objetivo; es decir, que actúen como factor de anclaje (FA). Los países en desarrollo han dedicado bastante tiempo y recursos en promover tecnología y, sin embargo, la Ad sigue siendo baja. Acelerar este proceso implica el conocimiento y comprensión de factores que influyen en la toma de la decisión sostiene Ruzzante S. *et al.* (2021). Para tal fin, el Estado implementa programas de extensión agrícola como estrategia de sustituir la educación escolar de pequeños productores; sin embargo, se corrobora que tasa de Ad de tecnología es baja, ya que Barrera C. G. *et al.* (2020), analizan los factores que influyen en la intención de adoptar tecnología del ensilado de cerdaza (IAd), resalta la relación no significativa de la educación (E), y la significancia de la capacitación (C) como elemento en la IAd de ensilado de cerdaza (EC).

Objetivo

Conocer el impacto del FA representado por las condiciones facilitadoras (CF) de los gobiernos locales que orientan la percepción de los porcicultores e impacte la tasa de adopción de tecnología EC; así como, su patrón.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en los municipios de Cuitzeo, Huandacareo y Tarímbaro ubicados en la ribera del lago de Cuitzeo del estado de Michoacán, donde se realizaron eventos de difusión y capacitación en tecnología sustentable de EC impartidos a porcicultores de traspatio (PT) del año de 2018 hasta el mes de diciembre de 2023, se les acompañó técnicamente en la engorda de cerdos durante ese periodo y anualmente se contabilizó el porcentaje acumulado de adoptadores de EC; además, se capacitó en la elaboración de alimento terminado con inclusión del 25% del EC para su incorporarlo al proceso productivo. Se consideran adoptantes (Ad) productores que utilizan el EC durante el periodo de estudio; además, los asistentes a los eventos se categorizan en adoptantes potenciales (AdPo) los que manifestaron interés en el EC, emergentes (AdE) que incorporan EC a su proceso de engorda después de recibir capacitación y al terminar una engorda ya no lo usan, perseverantes (AdP) los que siguen utilizando EC a la fecha y no adoptantes (Nad). Se estimó el modelo AdP acumulada (A_t) que la relaciona con el tiempo t mediante la curva logística, $A_t = \frac{K}{1+e^{-(a+bt)}}$ (1). Donde para A_t , $t= C$ (Cuitzeo), H (Huandacareo) y T (Tarímbaro), K es el límite superior del porcentaje de adopción determinado con base a la valoración de las CF del área de Desarrollo Rural (DR) de los municipios en alta (100 a 80 %), media (79 a 50) y baja (49 a 20) del periodo señalado y de la proporción de porcicultores asistentes a cursos y demostraciones que Ad el EC de los municipios señalados con anterioridad, a es la constante de integración de la posición de la curva, b es la tasa de crecimiento de adopción y e base de logaritmo natural. Para estimar los parámetros de la ecuación

(1) se transformó en una ecuación lineal en a y b , según Griliches Z. (1957); obteniendo $\ln(A/(K-A)) = a + bt$ (2), la cual se estimó por mínimos cuadrados ordinarios en la forma $Y_t = \alpha + \beta t + \varepsilon$ (3), donde Y_t es la proporción acumulada de adoptantes en t , α coeficiente constante, β el coeficiente de regresión y ε término de error aleatorio; a un nivel de significancia del 95%. Se utilizó el software SPSS 20 de IBM.

Resultados y discusión

Los EDC realizados en el periodo bajo estudio, fueron 45 cursos y 12 demostraciones, con una asistencia de 160 productores, el 44% de Cuitzeo, 19% de Huandacareo y el 14% de Tarímbaro. La valoración de CF fue alta de Cuitzeo, media para Huandacareo y baja para Tarímbaro, en consecuencia la proporción de Ad es del 11.04%, 4.9% y 1.2% con relación a la asistencia de 163 porcicultores a los EDC respectivamente. En tanto la proporción de Ad con respecto a AdPo, para cada municipio es del 24, 28 y 16% esto indica que existe margen de incrementar la tasa de Ad si se fortalecen las acciones de CF y el FA en los municipios véase cuadro 1. Por lo tanto, con ello contribuir al desarrollo sustentable por mejor gestión de cerdaza y abaratizar costos de producción de cerdos de engorda en ST. Por otra parte, la proporción de la Ad de EC con relación a AdPo en cada municipio mostro valores del 24, 28 y 16% de los municipios en el orden señalado.

Cuadro 1. Valores básicos de valoración CF del FA, categoría de adoptantes y proporción de porcicultores Ad y K calculada por municipio. Promedio (2018-2023).

Municipio	Valoración de la CF	Asistentes cursos y demostraciones %*	AdE	AdPo	Nad	Ad	Proporción de Ad (%)	K
Cuitzeo	Alta	44	25	75	15	18	24	100
Huandacareo	Media	19	35	28	12	8	28	65
Tarímbaro	Baja	14	15	12	18	2	16	50

Fuente: Datos propios, 2024. * Con base a 160 asistentes.

La pauta mostrada, tanto en AdPo y la proporción de Ad, muestran la diferencia de intervención de cada DR y su obligación de abonar al desarrollo sustentable. Con relación a K de Ad acumulada y considerando las variables anteriores, se determinaron los límites de Ad respectivos para estimar la función logística para los municipios mencionados.

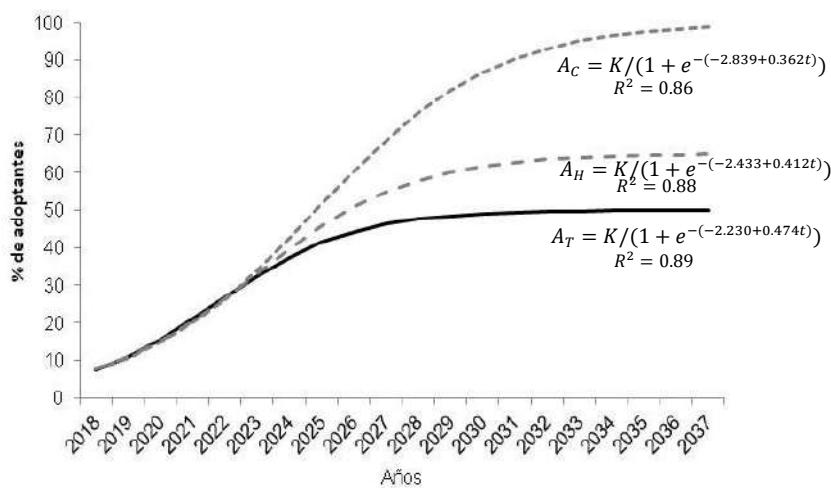


Figura 1. Modelos estimados de Ad acumulada del EC por municipio, 2024.

Las funciones estimadas de adoptante acumulado $A_C = K/(1 + e^{(-2.839+0.362t)})$, $A_H = K/(1 + e^{(-2.433+0.412t)})$ y $A_T = K/(1 + e^{(-2.230+0.474t)})$ muestran R^2 corregida de 0.86, 0.88 y 0.89, los análisis de

varianza presentan significancia de cada modelo con $p<0.05$ y la prueba t para los parámetros a y b, muestran significancia $t<0.05$ al 95%, respectivamente. Por lo tanto, los modelos son competentes de predecir el efecto del FA en la Ad y de su curso a través del tiempo como se presenta en la figura 1. Por lo que, al considerar K de cada función, es de esperar que la Ad con la valoración de FA respectivo, para Cuitzeo se lograra el objetivo hasta el año 2035, en 2033 aproximadamente en Huandacareo y Tarímbaro en 2037. Resultados nada alicientes con ese grado de compromiso municipal; en consecuencia, los esfuerzos aislados de instituciones de investigación en trasferir tecnología, aun así subrayan el impacto del FA en el número de adoptantes de EC: Ad de Cuitzeo representa el 225% y 900% de Huandacareo y Tarímbaro respectivamente, destacando la ausencia de política orientada a la transferencia de tecnología. Por ello, Omotilewa, O.J. et al, (2019) señala, que la adopción de tecnología subsidiada de bolsas para almacenar grano, bajo incertidumbre subjetiva, es más probable que productores subsidiados compren una bolsa adicional a precios corrientes con relación a los sin subsidio. En tanto, Mulugeta Y. B., Nathaniel J. (2023), en estudio realizado para conocer la dinámica de adopción de tecnología agrícola, pollos y maíz; así como, su desaprobación utilizó un modelo probit dinámico de efectos aleatorios para explorar la dependencia de las decisiones de adopción y señalan que la intervención estatal tiene un efecto positivo a largo plazo en la decisión de adopción en maíz y no así en pollos. Lo anterior debido a la ausencia de una dependencia estatal que mejore tecnología y, además, la diferencia en la adopción puede estar asociado a la diversidad de condiciones socioeconómicas de los productores. Las razones y evidencias señaladas de la baja Ad de EC concuerda con los estudios citados.

Conclusiones

La dinámica en Ad de EC es lenta y nada prometedora para contribuir al desarrollo sustentable de los municipios referenciados, la manera de acelerar la tasa de Ad es comprometiendo la participación de los DR de los municipios en alianza estratégica con instituciones públicas o privadas como FA; además, es importante estructurar y operar programas que subsidien la tecnología para hacerla accesible a los productores. Debido a la lentitud; patrón, de la Ad la contribución de las acciones emprendidas a la fecha ha sido limitada.

Agradecimiento y fuente financiadora

Los autores agradecen al Proyecto INIFAP SIGI 11185034490

Referencias bibliográficas

1. Barrera C. G., Silva S. M., González C. M. (2020). INTENSIÓN DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA POR PORCIULTORES DE LA RIBERA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN. MEMORIA Congreso Nacional de Mitigación Daño Ambiental en el Sector Agropecuario y Forestal de México. 3(1): 112-115. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://99c0a978-dd38-41b4-b635-28995015255f.filesusr.com/ugd/3a1488_170f4597fb0a4fb697a29e987f43f56f.pdf.
2. Castiblanco Jimenez, I.A.; Cepeda García, L.C.; Marcolin, F.; Violante, M.G.; Vezzetti, E. 2021. Validation of a TAM Extension in Agriculture: Exploring the Determinants of Acceptance of an e-Learning Platform. Appl. Sci. (11), 4672. https://doi.org/10.3390/app11104672
3. Griliches, Z. (1957). Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. Econometrica 25(4):501-522. https://econ398.academic.wlu.edu/files/2017/01/Griliches-1957-Hybrid-Corn-An-Exploration-in-the-Economics-of-Te.pdf.
4. Mulugeta Y. B., Nathaniel J. (2023). Dynamics of improved agricultural technologies adoption: The chicken and maize paradox in Ethiopia. Sustainable Futures 5, 100112. https://doi.org/10.1016/j.sfr.2023.100112.
5. Omotilewa, O.J., Ricker-Gilbert, J. and Ainembabazi, J.H. (2019), Subsidies for Agricultural Technology Adoption: Evidence from a Randomized Experiment with Improved Grain Storage Bags in Uganda. American Journal of Agricultural Economics, 101: 753-772. https://doi.org/10.1093/ajae/aay108.
6. Ruzzante S, Labarta R, Bilton A. (2021). Adoption of agricultural technology in the developing world: A meta-analysis of the empirical literature, World Development, Volume 146, 105599, https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105599.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRUSIÓN MONOHUSILLO DE BAJO COSTO PARA SU USO EN SISTEMAS AGROALIMENTARIOS: DISEÑO, MANUFACTURA Y PRUEBAS.

Gerardo Grijalva-Avila^{1,2*}, Ignacio Villanueva-Fierro², Rafael Jimenez-Ocampo³, Julio Cesar Grijalva-Avila², Israel Iván Gutiérrez-Muñoz⁴, José Luis Rodríguez-Álvarez⁵.

¹Universidad Politécnica de Durango, ²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, ³INIFAP–CIRNOC–CEVAG. ⁴Universidad Tecnológica de Durango. ⁵Instituto Tecnológico Superior de la región de los Llanos

*Autor para correspondencia: gerardo.grijalva@unipolidgo.edu.mx

Palabras clave: Extrusión, validación tecnológica, agroindustria.

Introducción

La extrusión de piensos ha representado una importante innovación en el sector agropecuario, revolucionando la manera en que se alimenta a los animales de granja y traspasio, al ser un proceso barotérmico que implica la cocción y moldeado o expansión de los ingredientes del pienso, resulta un producto final homogéneo y de alta calidad nutricional Riaz (2000). Dicho proceso no solo mejora la digestibilidad y el valor nutricional del alimento, sino que también permite la incorporación previa o posterior a su aplicación de una amplia variedad de ingredientes, incluyendo proteínas, vitaminas y minerales, esenciales para el crecimiento y bienestar del ganado, McDonald et al. (2010). Dado el dinamismo de la industria agroalimentaria, donde la eficiencia y la sostenibilidad son cada vez más importantes, la extrusión de piensos emerge como una herramienta vital para maximizar la productividad y minimizar el impacto ambiental de la producción ganadera, por otro lado, este método contribuye a la inocuidad en la producción de ganado, al reducir la presencia de patógenos y toxinas, garantizando un suministro constante de alimentos seguros y saludables AFIA (2020). El desarrollo, adopción y asimilación de la tecnología de extrusión en la elaboración de piensos se plantea como un elemento transformador de la dinámica del sector agropecuario, permitiendo a los productores responder de manera más efectiva a las condiciones del mercado y a los desafíos asociados con el cambio climático y la escasez de recursos Tilman & Clark (2008).

Objetivo

Establecer los parámetros óptimos de diseño, manufactura y operación de sistemas de extrusión mono-husillo de bajo costo aplicable al procesamiento de piensos.

Materiales y métodos

Mediante investigación documental y de campo se definieron los parámetros de selección del sistema de extrusión mono-husillo de mayor versatilidad y asimilación tecnológica a fin de contar con un apoyo técnico para la comprensión y dimensionamiento de las partes constitutivas del extrusor propuesto. Se definieron algunas de las propiedades reológicas de los principales productos regionales agrícolas susceptibles al proceso de extrusión, se utilizaron los resultados previos de un estudio de factibilidad del uso de granza de frijol como extensor cárneo, en donde se define la propiedad funcional de dicha materia prima, proceso de tratamiento y análisis longitudinal para la estimación de la producción regional, así como de la caracterización reológica de diferentes harinas de maíz y de una metodología para la evaluación de la distribución de tamaño de partícula de mezclas de maíz – frijol para ser sometidas al proceso de extrusión, ambos propiedad del CIIDIR-IPN, esto permitió establecer algunas de las características técnicas de los extrusores propuestos, entre ellos la relación Longitud/Diámetro (L/D) y factor de compresión, el torque del motor para correlacionar la caracterización de materias primas y desempeño en producción, mismas que definen la influencia de los diferentes componentes, el control de calidad del producto final, la orientación del diseño y la adaptación de nuevas tecnologías de proceso. Se usó software de diseño asistido por computadora (CAD), para el diseño del modelo geométrico de las principales partes constitutivas del extrusor; Barril, husillo, dado de salida, para posteriormente validar los procesos de ensamble y factibilidad de maquinado CNC (especificaciones del material a utilizar y tratamientos especiales), para posteriormente pasar a manufactura mediante un centro de maquinado CNC (torno y fresadora), propiedad del CIIDIR-IPN. Se desarrolló e instaló la instrumentación electrónica, de control y de potencia para las variables del

proceso de extrusión. Finalmente se desarrollaron pruebas de funcionalidad en la esterilización y extrusión de pollinaza y expansión de maíz amarillo - frijol.

Resultados y discusión

Se han desarrollado hasta el momento dos sistemas de extrusión basados en un conjunto de barril-husillo con una relación L/D = 28 y 40, con factores de compresión de 1:3.5 y 1:3.0, respectivamente, los sistemas cuentan con tolvas de alimentación por gravedad y alimentación forzada, lo cual ha permitido evaluar modos de operación a husillo total y parcialmente lleno, los datos o matriz de salida son de uno y seis canales. Se incorporaron sistemas de refrigeración a la salida de la tolva para evitar que la materia prima entre en contacto con el calor proveniente de las resistencias y por consecuencia se altere su contenido de humedad. Las longitudes de los barriles de los extrusores se seccionaron en tres zonas; alimentación-compresión –dosificación, todas ellas cuentan con resistencias calefactoras para el control de temperatura de forma independiente, los datos de salida también cuentan con este sistema de control térmico, los resultados sobre el control de dicha variable muestran una manipulación adecuada desde temperatura ambiente hasta los 280 °C, suficientes para el tratamiento térmico. Por su parte un motor trifásico de 10 HP en cada caso proporciona la potencia mecánica para garantizar el flujo másico constante al interior del extrusor, con un reductor a 290 rpm y un conjunto de cadena-catarina se obtienen hasta 120 rpm finales en el husillo. En un primer equipo se realizaron pruebas de expansión en maíz amarillo y mezclas de maíz (70%) –frijol (30%) logrando tiempos de operación hasta de 8 horas continuas bajo una producción de 20 kgr/hr, con índices de expansión de 1.6 a 3.0, en este equipo es posible variar la velocidad mediante un sistema de transmisión mecánica (Figura 1). En el segundo equipo se realizaron pruebas de extrusión de pollinaza con la finalidad obtener un producto de mayor estabilidad microbiológica, para lo cual dicho producto se molió y pasó por un tamiz malla No 8 (2.36mm), se acondicionó a una humedad inicial de 30 %, con temperaturas de proceso en zona 1: 150 °C, zona 2: 170°C, Zona 3: 190°C, el producto final es un tipo de pellet de 12 mm de diámetro con humedad final de 8.17%, con una producción de 30 kgr /hr (Figura 2).



Figura 1: Diseño, manufactura y ensamble, pruebas de producto base maíz –frijol para un expensor mono- husillo.





Figura 2: Diseño, manufactura y ensamble, pruebas de esterilización de pollinaza para un extrusor mono-husillo.

Conclusiones

Los sistemas de extrusión mono-husillo propuestos mostraron resultados satisfactorios en su diseño electromecánico ante diversas regiones de operación, esto permitió formular distintos productos con mezclas de maíz – frijol, maíz amarillo y pollinaza, aunque evaluados provisionalmente de forma cualitativa, las pruebas han servido para realizar los ajustes y definir los parámetros óptimos de operación de la maquinaria, sin embargo, se han identificado algunos factores mecánicos y de materia prima que obstaculizan la operación del equipo en régimen permanente. Actualmente se trabaja en la caracterización microbiológica, reológica y química proximal de los productos base obtenidos con la finalidad de incorporarse en campo, a estudios de formulación y variabilidad en piensos con el objeto de alcanzar los requerimientos nutricionales de la categoría animal en cuestión. Trabajos futuros implican la transferencia de tecnología tanto de formulación de alimentos a base de extrusión, como del mismo equipamiento a través de paquetes tecnológicos al productor primario.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo y facilidades para el desarrollo de la presente investigación al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, CONAHCYT: 3837640, al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, CIIDIR Dgo - IPN, INIFAP – CIRNOC – Campo Experimental Valle del Guadiana, Universidad Politécnica de Durango, UNIPOLI, Universidad Tecnológica de Durango, UTD, y el Instituto Tecnológico Superior de la región de los Llanos, ITSRL.

Referencias bibliográficas

1. Riaz, M. N. (2000). Extruders in Food Applications. CRC Press.
2. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (2010). Animal Nutrition. Pearson.
3. American Feed Industry Association (AFIA). (2020). The Benefits of Extrusion.
4. Tilman, D., & Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. Nature, 515(7528), 518-522.

PROCESO DE TRANSICIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, TLAXCALA, DE LO RURAL A LO RURURBANO.

Laura Ivette García-García^{1*}, Elizabeth Zavala-Martínez¹, Jorge Eduardo Veyra-Durán¹, Jaime Rangel-Quintos², Clara Isabel Meraz-Ontiveros¹, Daniel Tellez-Bautista¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

*Autor para correspondencia: zavalaeli1012@gmail.com

Palabras clave: Migración, paisaje, agricultura.

Introducción

En los últimos años, la migración afecta a las familias del municipio de Benito Juárez, Tlaxcala, de varias maneras. En primer lugar, provoca la pérdida de vínculos sociales y de cohesión social, ya que los miembros de la familia se dispersan en busca de mejores oportunidades económicas. Además, el abandono de las labores agrícolas y la venta de terrenos agropecuarios debilitan la economía familiar y el patrimonio, afectando la seguridad y soberanía alimentaria. Por otro lado, el papel de la mujer ha aumentado en las actividades agropecuarias dedicándose a la ganadería y al mismo tiempo las tareas del hogar (Veyra et al., 2022 & García et al., 2023). La situación rural y la vida urbana en la época postmoderna son muy diferentes a la llamada cultura tradicional, que asignaba a las zonas rurales la agricultura de acuerdo con las reglas de gestión de la vida doméstica y comunitaria, así mismo la tradición urbana se ha transformado en esta época cambiando hasta el concepto de familia Sánchez, H. A. (Ed.). (2005); la idea generalizada de lo que sucede en el campo es el resultado de factores externos tienen parte de razón de ser, aunque, por otra parte, el desconocimiento, la falta de apoyos y los bajos ingresos también han contribuido en este sentido, por lo cual, no hay posibilidad de considerar a los residentes de la ruralidad como motores del cambio global, ya que se presentan como subordinados de la globalización. Hasta cierto punto, se ha perdido la participación activa de las poblaciones rurales en la sociedad y la contribución de las "áreas urbanas" como parte de la sociedad en la transformación de las ciudades existentes (camarero at al., 2020). Se puede distinguir a la mujer del hombre, no son solo sus funciones orgánicas-naturales: gestación, maternidad, el cuidado de la prole y los quehaceres del hogar, además de la resiliencia y resistencia que debe mantener ante las adversidades que se presentan en su vida en las actividades agropecuarias, acciones que se pueden observar cuando uno sale de las ciudades.

Objetivo

Analizar la percepción de los pobladores ante los cambios del paisaje rural hacia la transición urbana para el fortalecimiento de la economía local.

Materiales y métodos

Para la siguiente investigación se utilizó los criterios de selección de la muestra fueron: a) hombres y mujeres que viven en la comunidad, b) mayores de 50 años edad. La encuesta fue aplicada al azar en cuatro domicilios por cuadra en línea recta. El número total de la muestra fue de 50, las preguntas versaron sobre; datos generales (edad, sexo, económicos), principales cambios relacionadas al paisaje; nuevos comercios; casas habitación; perdida de terrenos rurales; presencia de árboles en las calles; incremento de calles asfaltadas, entre otras. El análisis se realizó con estadística descriptiva.

Resultados

De acuerdo con los datos recopilados la población municipal estuvo conformada por 6,211 habitantes, cerca de un 60% de la población encuestada trabaja en el municipio, conforme a la cifra aproximada de la producción económica, se estimó que el ingreso mensual por hogar fue de aproximadamente \$4,600 MXN similar a lo reportado en Data México, 2024. En este mismo sentido se encontró que la población busca trabajo en ciudades cercana y regresan a pernoctar, otros cambian su residencia a otro estado y en menor porcentaje migran a Estados Unidos de América o Canadá, donde son contratados para realizar trabajos en la construcción, cabe mencionar que las mujeres jóvenes también se han ido incorporando a esta búsqueda de incrementar su ingreso económico. Aunado a ello, los hijos de mujeres que se dedicaron a la agricultura optaron por no seguir en esta actividad y fueron impulsados a continuar con estudios de bachillerato e incluso de universidad. Por otra parte, muchos de los terrenos agrícolas y pecuarios han sido

vendidos ya que no hay personas que laboren por lo cual las familias prefieren venderlos fraccionándolos en terrenos para casa habitación o inclusive vendiéndolos a empresas para ser utilizados como comercios lo que ha ocasionado la pérdida del paisaje campestre.

Discusión

La baja productividad económica de las actividades agrícolas ha ocasionado que parte de la población del municipio de estudio miguen en busca de mejores condiciones de vida abandonando las tierras de cultivo o en su caso vendiéndolas. La apreciación de los habitantes sobre el paisaje está enfocada a la mejora económica y consideran que la transición hacia lo urbano es un avance social que les ha permitido obtener un ingreso seguro para aquellos que se han quedado en la comunidad. Esta evolución hacia la urbanización ha llevado servicios a la comunidad como lo son; tiendas grandes minoristas, servicios financieros, servicios de telefonía, alumbrado público, entre otros.

Conclusiones

La población de Benito Juárez ha privilegiado la transición hacia lo urbano condicionado por el incremento económico de las familias, sin embargo, este incremento proviene en su mayor parte de los migrantes que realizan su trabajo en otros Estados o inclusive fuera del país, es claro que la pérdida de la agrobiodiversidad y el paisaje campestre irá desapareciendo. Estas decisiones han traído como consecuencia la pérdida del patrimonio familiar.

Agradecimiento

A la Universidad Autónoma Metropolitana por las facilidades otorgadas en esta investigación, así todas las personas que colaboraron en la misma.

Referencias bibliográficas

1. Camarero, L., de Grammont, HC y Quaranta, G. (2020). El cambio rural: una lectura desde la desagrariación y la desigualdad social. Revista Austral de Ciencias Sociales, (38), 191-211. <https://doi.org/10.4206/rev.austral.cienc.soc.2020.n38-10>
2. Data México. (s. f.). Data México.
<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/benitojuarez-29045?redirect=true>
3. García García, L., Zavala Martínez, E., Luna Rodríguez, L., & Vieyra Durán, J. (2023). El papel de la mujer como consecuencia en el abandono del campo. Revista De Fomento Social, (307), 215-226. <https://doi.org/10.32418/rfs.2023.307.5273>
4. García, M. D. M. H. (2013). El papel de la mujer en la seguridad alimentaria. Cuadernos de estrategia, (161), 91-107. <https://www.fao.org/3/i2050s/i2050s02.pdf>
5. Sánchez, H. A. (Ed.). (2005). *Lo urbano-rural, ¿nuevas expresiones territoriales?* Unam. https://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/crim-unam/20100503120801/Lo_urbano_rural.pdf

ACEPTACIÓN DEL CULTIVO DE YUCA, (*Manihot esculenta*), PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN LA REGIÓN DEL PAPALOAPAN Y SUR DE VERACRUZ, MÉXICO.

Eduardo José Cabrera Torres^{1*}, Pedro Cadena Iñiguez², Evi Versaid Martínez Valencia³, Neon Larios Sarabia³, Dimpna Vásquez Ramírez³, Luis Alberto Pascual Basurto³, Susly Yiyen Sorrosa Guzmán³, José Oscar Mora Alfaro³, Vicente Leonardo Fernández Guzmán³, Juan Pablo Vargas Ibarra³, Javier Vázquez Robles³, Alexis Dimas Chavez³, Andrea Sánchez Chavez³, Eunice Martínez Hueto³, Danahe Gonzalez Gómez³ e Ivan Cuastle Castellanos³.

¹ CE Chetumal, CIRSE. INIFAP. ² CE Centro de Chiapas, CIRPAS. INIFAP. ³ SADER.

*Autor para correspondencia: cabrera.eduardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Índice de aceptabilidad, EAT leche, transferencia de tecnología.

Introducción

El Programa Producción para el Bienestar forma parte de los programas emprendidos por el Gobierno Federal para lograr la autosuficiencia alimentaria y el rescate del campo, como fue establecido en el Eje 111 del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, y cuyo objetivo general es incrementar la productividad de granos (maíz, frijol, trigo harinero y/o arroz, entre otros), amaranto, chía, caña de azúcar, café, cacao, miel y leche, de productores de pequeña y mediana escala. En tanto que su objetivo específico es dotar de liquidez a productores de pequeña y mediana escala de granos (maíz, frijol, trigo harinero y/o arroz, entre otros, amaranto o chía, caña de azúcar, café, cacao, mie y leche, mediante apoyos directos para su inversión en actividades productivas.

La Estrategia de Acompañamiento Técnico en leche (EAT LECHE), tiene por objetivo: brindar capacitación y/o acompañamiento técnico-organizativo, para facilitar la adopción de prácticas agroecológicas y sustentables e incrementar los rendimientos en predios y unidades de producción de productores de leche, así como para fortalecer la instrumentación de servicios de vinculación productiva.

Una de las actividades que realizan los técnicos de la EAT leche, es la promoción de nuevas prácticas a los productores con el fin de que ayuden a incrementar los rendimientos en ganancia de peso o de producción de leche de los animales. En la región del Papaloapan se está promoviendo la utilización de la yuca para la alimentación animal, esto en forma de silo tanto de la hoja como del tubérculo.

La evaluación de la implementación de nuevas prácticas por parte de los productores, por lo general se realizan hasta el final de un programa, con el fin de medir los impactos o la transferencia de tecnología; sin embargo, existen herramientas que nos permiten realizar una evaluación sistemática, que retroalimenta al sistema de generación y transferencia de tecnología (TT), con la información obtenida de los productores en un tiempo menor. Esta herramienta fue desarrollada por el PASOLAC, con el nombre de Índice de Aceptabilidad (IA), nos permite constatar el efecto positivo o eventuales desventajas de las prácticas o tecnologías promovidas mediante las actividades de transferencia de tecnología y si estas prácticas están siendo aceptadas por los productores.

El IA se utiliza en una fase muy temprana del proceso de TT, por lo que no es necesario que el proceso de transferencia este terminado, esto se puede realizar entre el primer y segundo año de que se induce una práctica o manejo.

Objetivo

Conocer el Índice de aceptabilidad en la práctica de utilizar la yuca para alimentación animal.

Materiales y métodos

Los datos se colectaron de productores participantes de la EAT leche, que recibían acompañamiento técnico con profesionistas de esta estrategia y que se encontraban en la región del Papaloapan, que es una de las ocho regiones del estado de Oaxaca, se subdivide en 21 municipios agrupados en dos distritos: Tuxtepec y Choapam. De igual manera participaron productores del sur de Veracruz que se encontraban en esta región.

Los productores recibieron capacitación para el uso de la yuca en la alimentación animal a través de cursos, días demostrativos participación en foros e intercambios de experiencia.

Para obtener los datos necesarios para el cálculo del IA se diseñó un Sondeo de aceptabilidad a través de una encuesta, esta fue aplicada en el mes de mayo de 2024, los datos fueron analizados a través de estadística descriptiva y el IA se calculó de acuerdo con la fórmula sugerida por el PASOLAC:

$$IA = (\% \text{ de productores que aplican la tecnología}) * (\% \text{ del área en la cual aplican la tecnología}) / 100$$

Resultados y discusión

En total se aplicaron 27 encuestas a igual número de productores, el 51.9% correspondió a productores de Oaxaca y 48.1% a productores del sur de Veracruz, 88.9% hombres y 11.1% mujeres. La edad promedio fue de 53.1, el 96.3% saben leer y escribir y el 3.7% no. Cuando se les preguntó sus tres principales actividades económicas 27 a la ganadería, 24 además a la agricultura, 8 al comercio, 2 a la transformación del producto, uno a la construcción y uno a la apicultura.

Solo el 29.6% pertenece a alguna organización de productores y únicamente el 3.7% utiliza financiamiento.

La superficie de los 27 productores es de 875 ha, de las cuales 80 las dedican a la agricultura y 795 ha a la ganadería, cuentan con 1,511 cabezas de ganado en total, el 100% recibe asesoría de un técnico de la EAT leche, han recibido en promedio 1.81 año de asesoría

Como se puede notar son más los hombres que las mujeres que se dedican a la actividad ganadera, son gente adulta con educación al menos de primaria y secundaria, que además de dedicarse a la ganadería tiene actividad agrícola y del comercio. La mayoría no pertenecen a alguna organización de productores solo uno utiliza financiamiento.

El 100% dispone de alguna fuente de agua, de los cuales el 63% dispone de dos fuentes de agua, y el 77.8 tienen pozo. En cuanto al tipo de ganado el 100% son cruzas, prevaleciendo el Pardo suizo por cebú con un 82.5%. Con respecto a la alimentación del ganado el 100% tiene praderas y el 77.8% producen ensilado. El principal problema que tienen es la sequía prolongada con el 100% de los productores afectados.

La disponibilidad de agua es suficiente, sin embargo, manifestaron que durante esta sequía varios pozos se habían secado, así como que algunos ríos o manantiales bajaron demasiado su nivel de agua. La alimentación está basada en el pastoreo y suplementación con silo u otro. El ganado es de doble propósito con ordeña una vez al día.

En cuanto a la superficie sembrada con yuca en total se contabilizaron 7.92 ha con un promedio de 0.29 por productor, cuando se les interrogó si sabían que la yuca puede ser utilizada para alimentación animal el 18.5% manifestó que si y el 81.5% que no. Con respecto en donde se enteraron del uso de la yuca, el 44.4% respondió que por el técnico de la EAT leche que los acompaña, el 7.4% por visita a otros productores y el 18.5% a través de talleres de intercambio y por asistir a un foro regional en donde se demostró, con un 18.5%.

El 100% comentó que lo usará por ser una alternativa de alimentación sobre todo en la época de estiaje. Al indagar por que no lo utilizaban el 96.3% por desconocer su uso en bovinos y el 3.7% por temor a intoxicar a sus animales. De las variedades sembradas el 44.4% corresponde a la Esmeralda, el 37.0% a Ceiba y 18.5% no sabe.

Para estimar el IA se utilizó la formula ya comentada, tomando en consideración lo siguiente: 25 técnicos de la EAT leche, dan atención a 250 productores, de los cuales 27 están poniendo en práctica el uso de la yuca, de la superficie utilizada en total se consideró que cada productor de los que están utilizando la práctica debería tener al menos 0.5 ha de yuca.

Al aplicar la fórmula de IA nos da como resultado un 12.67%, de acuerdo con la interpretación se considera que el porcentaje de productores que aceptan la tecnología debe ser por lo menos del 50%, en este caso solo es del 21.6 y el valor del IA debe ser por lo menos del 25%, en nuestro caso es del 12.67%.

Conclusiones

El IA de la práctica del uso de la yuca para consumo de los bovinos es bajo, esto es un indicador de que se debe redoblar esfuerzos para hacer llegar esta práctica a más productores o considerar si esta práctica es la más adecuada. Cumple su cometido de evaluar en el transcurso del tiempo de este programa, antes que finalice.

La EAT leche es una forma de hacer llegar la tecnología a los productores induciendo el uso de prácticas que los ayuden a incrementar la productividad y disminuir sus costos de producción lo cual redundará en una mejora en el bienestar de sus familias.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados son parte del programa producción para el Bienestar, Estrategia de Acompañamiento Técnico Leche, financiado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, con el apoyo del INIFAP como agente técnico del acompañamiento.

Referencias bibliográficas

1. Arístides DJ, Sangerman-Jarquín DM y Cuevas Sánchez JA. 2009 Aceptación de los Cultivares de Maíz Platino, Oro Blanco y Protémás, de Alta Calidad Proteínica en El Salvador, América Central. Agricultura Técnica en México Vol. 35 Núm.4 1 de octubre-31 de diciembre 2009 p. 409-418
2. PASOLAC-IMPHRU-FIDER.1999. Índice de aceptabilidad. Introducción de una herramienta sencilla de seguimiento a la transferencia, con dos ejemplos. Managua, Nicaragua. Serviprin, S. A. Documento No. 224. Serie técnica 9/99 PASOLAC
3. Sagastume N, Obando M, Martínez M. 2006 Guía para elaboración de estudios de adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua. Tegucigalpa: Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central PASOLAC / (Litografía López). (2006) 40 p Documento No. 499 Serie Técnica 7/2006

EFFECTO DEL TAMAÑO DE HATO EN LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL SISTEMA DE LECHE DE BOVINO DE PEQUEÑA ESCALA.

Nathaniel Alec Rogers-Montoya¹, José Guadalupe Herrera-Haro^{1*}, Francisco Ernesto Martínez-Castañeda², María del Rosario Villavicencio-Gutiérrez², Juan Manuel Núñez-Aramburu¹, Yamileth Jerónimo-Romero¹, María Esther Ortega-Cerrilla¹, José Ricardo Bárcena Gama¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56264; ²Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Km. 14.5 Autopista Toluca-Atlacomulco, San Cayetano de Morelos, Toluca, Estado de México, México, C.P. 50295
*Autor para correspondencia: haro@colpos.mx

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida, método ReCIPE, establos de pequeña escala, cargas ambientales.

Introducción

Los Sistemas de Leche de Pequeña Escala (SLPE) se asocian con una productividad reducida y mayores Impactos Ambientales (IAM), caracterizados por menores rendimientos por vaca-lactancia (OECD y FAO 2019). La lechería contribuye a los IAM por la producción de metano entérico, así como otros gases (Amoniaco, óxido nitroso y nitratos) derivados de la gestión del estiércol. La alimentación del ganado juega un papel fundamental en la generación de IAM debido al proceso involucrado desde el cultivo (riego, fertilización y pesticidas), hasta el transporte y procesamiento del alimento. Los SLPE presentan una huella de carbono inusualmente elevada, atribuyéndose al bajo rendimiento, prácticas de alimentación inefficientes, y una edad prolongada al primer parto. La mitigación de los IAM puede ser abordado con la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que permite cuantificar emisiones, recursos utilizados, e impactos al ambiente asociados con los sistemas de producción de leche. Los principales impactos cuantificados en los ACV relacionados con leche son: potencial de calentamiento global; eutrofización del agua; y uso de suelo agrícola (McClelland et al. 2018).

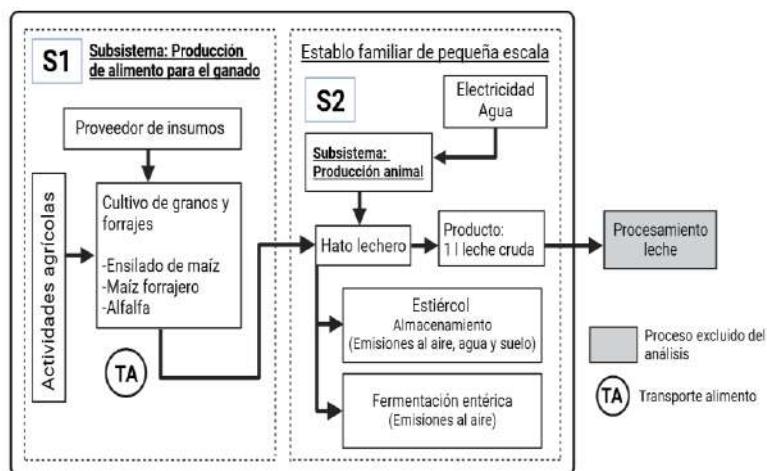
Objetivo

Evaluar los IAM de los sistemas lecheros en Texcoco, Estado de México, aplicando un ACV en tres SLPE con diferentes tamaños de hato.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en Texcoco, México ($19^{\circ}30'20''N$ $98^{\circ}52'55''O$). En los SLPE la alimentación se basa en cultivos de alfalfa, maíz y avena, concentrados comerciales, esquilmos agrícolas, entre otros, y cuentan con 4 ± 2 ha de tierra de cultivo. Los datos técnicos y productivos fueron obtenidos de Posadas et al. (2016). Definición de objetivos y alcance: Se analizaron tres SLPE con tamaños respectivos de hato de: 4, 9, y 12 vacas en producción, y un rendimiento por vaca-año de 5,668 l, 5,822 l, y 5,791 l, respectivamente. El sistema fue dividido en dos subsistemas; el primero con todos los procesos que conformaron la producción del alimento para el ganado (S1); el segundo con todos los procesos relacionados con la producción animal (S2). La Unidad Funcional (UF) fue un litro de leche cruda a puerta de establo. Los límites del sistema contemplaron una perspectiva desde la cuna hasta la puerta del establo, incluyendo todos los procesos requeridos para la producción de 1 l de leche cruda para venta en la puerta del establo (Figura 1).

Figura 1. Límites del sistema considerado para el análisis ambiental de los SLPE.



Inventario de ciclo de vida: Se utilizaron los valores anuales promedio de los establos para las entradas y salidas del S1 y S2 (Cuadro 1). Las emisiones se estimaron utilizando los factores de emisión publicados por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2022).

Cuadro 1. Inventario de ciclo de vida de tres SLPE para la producción de 1 litro de leche cruda.

Variable	SLPE1	SLPE2	SLPE3
S1 - Producción de alimento para el ganado			
Entradas			
Ensilado de maíz (kg)	1.281	1.219	1.379
Alfalfa henificada (kg)	-	-	0.049
Rastrojo de maíz (kg)	0.928	0.595	0.646
Alfalfa verde (kg)	2.555	2.710	2.671
Maíz forrajero (kg)	0.034	0.042	0.035
Otros granos (kg)	0.042	0.030	0.025
Concentrado comercial granos (kg)	0.039	0.112	0.105
Esquilmos agrícolas (kg)	-	0.207	0.113
Salidas			
Alimento por l de leche (kg)	4.907	4.968	5.072
S2 - Producción animal			
Entradas			
Alimento (kg)	4.907	4.968	5.072
Agua (l)	5.950	6.180	6.050
Combustible (l)	0.500	0.500	0.500
Electricidad (Kw/h)	0.010	0.010	0.010
Salidas			
Metano/ gestión de estiércol (kg)	0.012	0.012	0.012
Metano/ fermentación entérica (kg)	0.016	0.016	0.016
Nitrógeno (kg)	7.48E-05	7.48E-05	7.48E-05
Óxido nitroso (kg)	8.14E-07	8.14E-07	8.14E-07

Análisis de impactos ambientales: Para estimar los IAM se procesaron los datos con el software Open LCA versión 1.8 (OpenLCA, 2019), aplicando el método ReCIPE Midpoint (E) versión 1.13. El impacto ambiental a nivel medio se clasificó en 3 categorías: OSA=Ocupación de suelo agrícola (m^2 por año); CG=Calentamiento global ($kg CO_2$ equivalentes); y DF=Depleción fósil (kg petróleo equivalentes).

Resultados y discusión

Sin importar el rendimiento productivo o el tamaño de hato, los mayores IAM fueron generados en el S1 con contribuciones superiores al 50% en comparación con S2 en las categorías: OSA, CG, y DF (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contribución de los impactos ambientales generados por la producción anual de leche en tres SLPE con diferente tamaño de hato.

Categoría	Unidad	EFL1 (4 vacas)	EFL2 (9 vacas)	EFL3 (12 vacas)
OSA	m ² a	36,257.40	34,744.33	37,059.76
CG	kg CO ₂ -Eq	6,502.70	5,655.85	6,646.61
DF	kg petróleo-Eq	974.43	990.86	995.99

Berton et al. (2021) comprobaron que aun cuando se incluyó la etapa de procesamiento de la leche en su análisis, la mayor contribución a los IAM en las categorías CG y OSA, surgió de la agricultura necesaria para la producción del alimento, y por tal motivo, resulta el principal determinante de la huella ambiental de cualquier producto lácteo (de Vries y de Boer, 2010). El SLPE3 tuvo las contribuciones más altas en las categorías OSA, CG, y DF; con una ocupación anual de 3.63 ha, una generación anual de 6,503 kg de CO₂ Eq, y un uso anual de 996 kg de petróleo Eq. La principal suposición del presente estudio recae en la metodología para estimar GEI (CH₄ y N₂O) propuesto por el INECC, por lo tanto, asumir que los factores de emisión a nivel nacional son representativos de la región estudiada inevitablemente introdujo incertidumbre a los resultados.

Conclusiones

Los resultados obtenidos sugieren que el rendimiento por vaca-lactancia tiene un mayor efecto en la contribución de impactos ambientales por litro de leche cruda producida que el tamaño de hato. La composición de la dieta y la eficiencia productiva son determinantes para la huella ambiental del sistema de leche de bovino de pequeña escala.

Agradecimientos

Este estudio se realizó dentro de la línea de investigación (LGAC) del Programa de Ganadería: “Ganadería eficiente, bienestar sustentable y cambio climático”.

Referencias bibliográficas

1. OECD y FAO. 2019. OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en
2. McClelland, S.C., Arndt, C., Gordon, D.R., Thoma, G. 2018. Type and number of environmental impact categories used in livestock life cycle assessment: A systematic review. Livestock Science. 209, 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.01.008>
3. Posadas-Domínguez, R.R., Callejas-Juarez, N., Arriaga-Jordán, C.M., Martínez-Castañeda, F.E. 2016. Economic and financial viability of small-scale dairy systems in central Mexico: economic scenario 2010–2018. Tropical Animal Health and Production. 48, 1667-1671.
4. Berton, M., Bovolenta, S., Corazzin, M., Gallo, L., Pinterits, S., Ramanzin, M., Ressi, W., Spigarelli, C., Zuliani, A., Sturaro, E. 2021. Environmental impacts of milk production and processing in the Eastern Alps: A “cradle-to-dairy gate” LCA approach. Journal of Cleaner Production. 303, 127056.
5. de Vries, M., De Boer, I.J.M. 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. Livestock Science. 128, 1-3.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL NACIMIENTO AL DESTETE DE CRÍAS EN UN SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL SUBTRÓPICO HÚMEDO.

René Carlos Calderón-Robles^{1*}, René Calderón-Chagoya², Carlos Hernández-López², Ángel Ríos-Utrera³, Vicente Eliezer Vega-Murillo³, Juvencio Lagunes-Lagunes⁴

¹S.E. Las Margaritas, INIFAP, Puebla, México; ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, Querétaro, México; ³Universidad Veracruzana, Veracruz, México; ⁴Técnico Independiente, Puebla, México.

*Autor para correspondencia: calderon.rene@inifap.gob.mx

Palabras clave: Doble propósito, crianza, ganancia diaria de peso, bovinos.

Introducción

En cualquier sistema de producción con bovinos, la crianza en particular es un factor determinante para que la rentabilidad del sistema sea de interés para los productores. En México, la población bovina es de alrededor de 35,998,885 cabezas, de las cuales, según datos de la década pasada, el ganado bovino de doble propósito (2,466,477 cabezas) representa el 28.4%. En adición a lo anterior, la ganadería mexicana aprovecha aproximadamente 110 millones de hectáreas, de las cuales 28.3% corresponde a las áreas tropicales, que en su mayoría están cubiertas de forrajes para producir carne y leche en los sistemas vacacría y de doble propósito. Ambos sistemas se desarrollan en las regiones tropicales y son los responsables de la producción de becerros para engorda y para la producción de leche el predominante es el sistema de doble propósito, sin embargo, se caracterizan por bajos niveles de producción de carne y leche. A pesar de ello, la adopción de diversas tecnologías ha favorecido el incremento en la producción de dichos productos. En Puebla, se localiza el sitio experimental “Las Margaritas”, que en 1981 inició la generación y validación de tecnología para mejorar integralmente el sistema de doble propósito, con la finalidad de responder a la demanda tecnológica de los productores y dar solución a su problemática productiva. Dicha tecnología ha sido validada y transferida y actualmente se tiene un módulo demostrativo con un productor cooperante, quien desde el punto de vista sustentable y sostenible ha sido exitoso basado en los más de 15 años de existencia.

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue evaluar de manera preliminar el efecto del sexo de la cría, la época de nacimiento y el año de nacimiento, sobre el peso al nacimiento, la edad al destete, el peso al destete y la ganancia diaria de peso de becerros y bécarras descendientes de vacas mantenidas en un sistema de doble propósito en condiciones de subtropical húmedo en el estado de Puebla.

Materiales y métodos

Se utilizó la información de 2008 a 2023 del módulo de validación de tecnología de doble propósito “El Paraíso de Ayotoxco”, que se encuentra a 240 msnm en el municipio de Ayotoxco de Guerrero, en la Sierra Oriente de Puebla. El clima de la zona es subtropical húmedo Af(c), con una temperatura media anual de 23°C y una precipitación pluvial media anual que oscila entre 2,200 y 2,500 mm. Se pueden identificar tres estaciones distintas: la temporada de lluvias, que ocurre de junio a octubre y se caracteriza por fuertes precipitaciones; la temporada de nortes, que va de noviembre a marzo y se caracteriza por lloviznas y descenso de temperatura; y la temporada seca, en abril y mayo, que presenta lluvias aisladas y un aumento en la temperatura.

La alimentación de las crías lactantes, además del pastoreo que realizan en cuatro hectáreas establecidas con *Brachiaria brizantha*, (pasto insurgente), consiste en leche que consumen durante el ordeño que se realiza dos veces al día, como apoyo para estimular la eyeción de la leche y la de un cuarto de la ubre más la leche residual, lo anterior hasta que alcanzan 100 kg de peso vivo, posteriormente y hasta el momento del destete, solo consumen la leche de apoyo y la leche residual, además, se le proporcionan 850 gramos al dfa de concentrado comercial (18% de PC) durante el periodo que dura la crianza. El manejo sanitario al que se someten las crías durante la etapa de crianza consiste en la aplicación de las vacunas contra clostridiasis cada seis meses (junio y diciembre), contra derrinque a los tres meses de edad, y en su caso de manera general se vacunan en el mes de agosto. La desparasitación interna contra vermes gastrointestinales y pulmonares se realiza cada tres meses (marzo, junio, septiembre y diciembre). La

desparasitación externa (baños de inmersión) se realiza mensualmente. Al momento del nacimiento se desinfecta el cordón umbilical y se procura que la cría ingiera calostro lo más rápido posible y se pesa, por lo que también se identifica y se capturan los datos en un libro de nacencias donde también se registra el sexo, la fecha de nacimiento y la de destete con su pesaje respectivo, así como los datos de los padres.

Las características que se estudiaron fueron: peso al nacimiento (PN), peso ajustado a los 205 días (PD205), y ganancia diaria de leche (GDP).

Las características fueron analizadas con el procedimiento GLM del programa SAS. Los efectos fijos que se incluyeron en el modelo final fueron: sexo, año y época de nacimiento. Para determinar los modelos definitivos se realizaron análisis secuenciales para cada característica, removiendo del modelo preliminar las interacciones que no resultaron significativas a una $P<0.05$.

Resultados y discusión

El cuadro 1 presenta las estadísticas descriptivas de cuatro variables: peso al nacimiento (**PN**) en kg, peso al destete (**PD**) en kg, ganancia diaria de peso **GDP** y edad al destete (**ED**) en días. Para el PN, se analizaron 1179 observaciones, con una media de 36.39 kg y una desviación estándar (**DE**) de 4.50 kg. Los valores de PN oscilaron entre un mínimo de 20.00 kg y un máximo de 60.00 kg. En cuanto al PD, se registraron 656 observaciones, con una media de 160.03 kg y una DE de 30.57 kg. Los valores de PD varían desde 70.00 kg hasta 303.00 kg. La GDP también se evaluó en 656 observaciones, obteniendo una media de 0.44 kg/día y una DE de 0.12 kg/día, con valores que van desde 0.12 kg/día hasta 0.92 kg/día. Finalmente, la ED se analizó en las mismas 656 observaciones, registrando una media de 286.36 días y una DE de 44.50 días. La ED mostró un rango de valores entre 141.00 días y 365.00 días. Estos indicadores son aceptables, tomando en cuenta que en el módulo demostrativo en la etapa de crecimiento y desarrollo no se han adoptado en su totalidad la tecnología recomendada, sobre todo en el aspecto de nutrición. Sin embargo, la rentabilidad obtenida en el módulo de manera integral ha sido satisfactoria (Aguilar *et al.*, 2022).

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas para peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD), ganancia diaria de peso (GDP) y edad al destete (ED).

	N	MEDIA	DE	MIN	MAX
PN	1179	36.39	4.50	20.00	60.00
PD	656	160.03	30.57	70.00	303.00
GDP	656	0.44	0.12	0.12	0.92
ED	656	286.36	44.50	141.00	365.00

A excepción del peso al nacimiento (36.39 ± 4.5), el peso al destete ajustado a 205 días (**PD205**), y la ganancia diaria de peso fueron afectados ($P<0.05$) por la época y se observa que, durante la época de nortes, las crías registraron el mayor PD205 (131.43 ± 1.87 kg) y la GDP más alta (470 ± 0.01 g/día), mientras que en la época de secas mostraron el menor PD205 (120.95 ± 2.16 kg) y la menor GDP (420 ± 0.01 g/día). Lo anterior puede deberse a que al finalizar la etapa de crianza los animales cuentan con mayor cantidad de forrajes ya que corresponde al periodo donde de manera natural hay más forraje. Por el contrario, el PN fue el único que se vio afectado ($p<0.05$) por el sexo de la cría ya que los machos presentaron un PN significativamente mayor, con una media de 36.93 ± 0.21 kg, comparado con las hembras, que tuvieron una media de 35.63 ± 0.2 kg. Lo anterior confirma lo reportado en la mayoría de estudios que informan que los machos tienen mayor peso que las hembras. Sin embargo, ambos sexos alcanzaron pesos similares al destete ajustado a 205 días (160.03 ± 30.57 kg) y tasas de GDP (440 ± 120 g), indicando una semejanza en los criterios para el destete.

La figura 1 ilustra la evolución de cuatro indicadores a lo largo de 16 años, desde 2008 hasta 2023: PN, PD205, GDP y ED. El PN, mantiene una tendencia relativamente estable a lo largo de los años, con pequeñas fluctuaciones que giran en torno a los 35 kg. Este parámetro muestra variaciones mínimas, sugiriendo consistencia en el manejo y condiciones de nacimiento.

El PD205, presenta variaciones más pronunciadas. Después de un descenso significativo en 2010, se observa un aumento gradual con picos importantes en los años 2020 y 2021, alcanzando su valor máximo en 2021.

La GDP, fluctúa a lo largo del período de estudio. Se observan valores más bajos en 2013 y un incremento significativo en 2023.

La ED, se mantiene relativamente estable, aunque con ligeras variaciones. Hay un aumento en 2017 y un descenso pronunciado en 2019. Estos cambios podrían reflejar modificaciones en las prácticas de manejo o en los objetivos de producción.

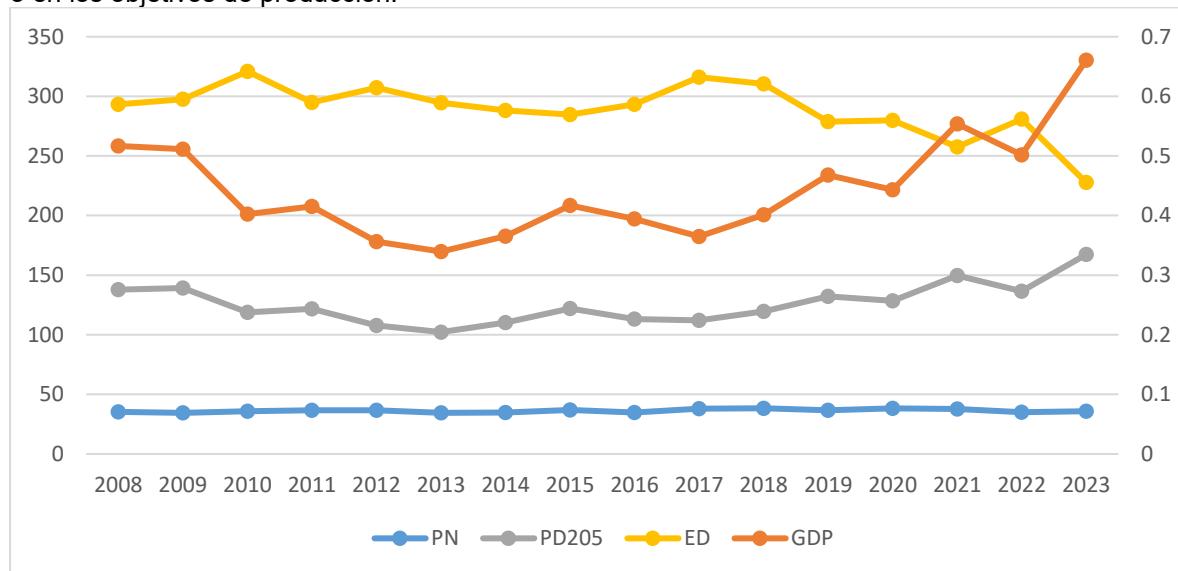


Figura 1. Medias de cuadrados mínimos para peso al nacimiento (PN), peso al destete ajustado a 205 días (PD205), ganancia diaria de peso (GDP) y edad al destete (ED) por año de nacimiento.

Los resultados anteriores son prometedores, ya que en 2019 las ganancias diarias de peso han mejorado, y aunque se puede pensar que los dos primeros años fueron buenos, el número de nacimientos fue reducido. En general los resultados son alentadores ya que el sistema de manera integral es exitoso en cuanto a la transferencia de tecnología, demostrando la flexibilidad del sistema que en este caso se ha inclinado más hacia la producción de leche los que ha permitido tener buena rentabilidad, lo anterior se puede corroborar con los otros estudios que ha realizado el grupo de trabajo que incluyen la parte reproductiva y la productiva en cuanto al producto leche.

Conclusiones

Preliminarmente, se puede concluir que se confirmó que los machos son más pesados que las hembras al nacimiento, que la mejor época de nacimientos es la de nortes y que el peso al destete y las ganancias diarias de peso han mejorado en los últimos años. Los indicadores en estudio son buenos para las condiciones tropicales más aun cuando ya se tiene que la rentabilidad del sistema es adecuada, además se tiene el potencial de mejorar su desempeño productivo durante la crianza.



Conferencia Magistral y Simposios



LIX REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA

Conferencia Magistral

La agricultura circular como un instrumento de cambio

Alfredo D. Collado

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - MAGyP
República Argentina
collado.alfredo@inta.gob.ar

Palabras Clave: prácticas circulares; Agenda 2030; desafíos prospectivos.

En el ámbito de la agricultura pueden distinguirse diferentes generaciones, una primera conocida como agricultura de subsistencia, desde la antigüedad hasta inicios del siglo XX, una segunda que se inicia con la mecanización e industrialización del campo y una tercera basada en la incorporación de tecnología con vertiginosos, constantes e innovadores cambios.

En este contexto evolutivo se mencionan diferentes prácticas agrícolas como la agricultura familiar, la hidropónica, la agroecología, la agricultura regenerativa, la vertical, la permacultura, la agricultura de precisión, la climáticamente inteligente (ACI), la agricultura 4.0, la orgánica, la periurbana, la agricultura celular y molecular e incluso los análisis y avances prospectivos en agricultura espacial.

No obstante, independientemente de las prácticas agrícolas mencionadas, actualmente, una tercera parte de los alimentos producidos se pierde en diversas instancias de producción, conservación, transporte y comercialización, afectando la seguridad alimentaria, la nutrición y la presión sobre los recursos naturales como el agua, en donde los cultivos son responsables del 92% de la huella hídrica humana (WWF 2012). La energía utilizada para producir alimentos que se pierde o desperdicia representa aproximadamente el 10% del consumo energético mundial total y la huella del desperdicio de alimentos equivale a 3,5 gigatoneladas (Gt) de CO₂ provenientes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al año.

El excesivo uso de agroquímicos demandados por semillas híbridas y transgénicas en la agricultura, al lixiviarse promueven procesos de eutrofización, la proliferación de fitoplancton en mares y océanos, causa la reducción de Oxígeno (hipoxia), la disminución de los índices de fertilidad en la fauna marina y la proliferación de zonas muertas en donde no existe Oxígeno ni vida con múltiples implicancias negativas, situación que hace recordar la expresión de Sylvia Earle, Bióloga marina estadounidense “No water, no Life. No Blue, no green”.

Frente a este escenario, surge el concepto de metabolismo social que se inicia cuando la sociedad se apropiá de materiales y energía de la naturaleza (*input*) y finaliza cuando se depositan desechos, emanaciones o residuos en los espacios naturales (*output*). Entre los flujos de entrada y salida existen flujos interiores que conforman el proceso metabólico que se ve representado según Toledo (2013) por cinco fenómenos teórica y prácticamente distinguibles: la apropiación (*A*), la transformación (*T*), la circulación (*C*), el consumo (*Co*) y la excreción (*E*).

Ante esta realidad, surgen prácticas de agricultura circular vinculadas con la ganadería circular, otra actividad importante de prácticas circulares, conformando según diversos autores, la conjunción productiva del futuro y que configuran la economía circular, un modelo económico

que procura mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible, reducir al mínimo la generación de residuos, la extracción de materias primas y la reducción de la huella ambiental, en contraste con el modelo lineal, que configura un esquema de extraer, producir, usar y desechar. Como los principios de la economía circular son parte de la economía biológica, es habitual el concepto de bioeconomía circular (Bruno et al., 2023).

En cualquier caso, se asocian a la denominada economía verde, dos conceptos estrechamente relacionados. La principal diferencia es que la economía verde se centra en reducir el impacto ambiental, el uso eficiente de los recursos naturales, la inversión en energías renovables y la innovación tecnológica, mientras que la economía circular lo hace en el ciclo de vida de los productos y servicios.

Respecto de la agricultura circular, viabiliza la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción agrícola y establece un plan de acción climática que se conoce como soluciones basadas en la naturaleza, orientadas a reducir los riesgos climáticos, prevenir el riesgo de desastres y fortalecer la seguridad alimentaria. Con estos argumentos la FAO (2018), enfatiza sobre necesarias transformaciones en la alimentación y la agricultura para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la Agenda 2030 de Naciones Unidas, contribuyendo de modo transversal con el progreso de los Objetivos 2 (Hambre Cero), 3 (Salud y Bienestar), 6 (Agua Limpia y saneamiento), 7 (Energía Asequible y no Contaminante); 12 (Producción y Consumo Responsables), 13 (Acción por el Clima), 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres) y 17 (Alianzas para lograr los Objetivos).

Aun así, a pesar de los beneficios acumulados de la agricultura, ganadería y economía circular como estrategias vinculadas de triple impacto, su adopción conjunta debe enfrentar grandes desafíos frente a una naturaleza multifacética, exigir cambios culturales y educación, la adopción de nuevas prácticas, el requerimiento de inversiones iniciales, enfrentar los grandes intereses geopolíticos y financieros derivados de las actividades agrícolas transnacionales, las alianzas de grandes corporaciones públicas y privadas, el acaparamiento de tierras y recursos hídricos, formas de eludir las restricciones impuestas, la creciente presión provocada por la crisis climática, los negocios en torno a la captura de Carbono, escenarios de conflictos sociales, la falta de marcos regulatorios favorables y políticas que incentiven la adopción de estas prácticas circulares y su integración en las cadenas de suministro existentes debido a su complejidad y dependencia de múltiples actores.

La huella ecológica de cada ser humano para medir la sostenibilidad es de 2.7 hectáreas. Sin embargo, nuestro planeta tan sólo es capaz de otorgar a cada uno de sus habitantes aproximadamente 1.8 hectáreas (WWF 2012). Esta diferencia indica que cada habitante utiliza más espacio para cubrir sus necesidades. El otro interrogante deriva de las proyecciones demográficas a escala global, estimadas para 2030, 2050 y 2100 por la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de *Naciones Unidas* (2015), considerando los límites planetarios y la superación de la capacidad de carga humana del planeta.

Respecto del recurso agua a nivel planetario, el 97.5% es salada (océanos y mares) y solo el 2.5% es agua dulce. Al sector agrícola se le atribuye un 70% del consumo de agua dulce total, a la producción industrial un 20% y al consumo humano un 10%. Frente a este escenario, el crecimiento demográfico implicará un incremento del consumo de recursos naturales, entre ellos, el agua; su demanda en 2050 aumentará un 55 % y la mitad de la población mundial sufrirá escasez.

Si nos referimos a la agricultura circular, es inevitable abordar los desafíos de la economía circular del agua que exigirá un aumento en la eficiencia de riego la adopción de plataformas integradas de gestión y automatización, que permitan visibilizar en tiempo real el funcionamiento de los sistemas de riego y la supervisión de las infraestructuras de regadío de modo remoto, a

través de dispositivos conectados y a la tecnología que facilita la comunicación entre los dispositivos y la nube. También deberá incrementarse de modo progresivo el tratamiento de aguas residuales y la desalinización del agua de mar entre otras estrategias y desafíos.

Frente a la proyección y futuro de prácticas circulares, pueden adoptarse cuatro actitudes: pasiva al ignorar el cambio; reactiva al reaccionar frente a los cambios, preactiva al prepararnos para el cambio o proactiva, para ser protagonistas y construir el cambio. Según Peter Drucker, la planificación a largo plazo, no es pensar en decisiones futuras, sino en el futuro de las decisiones presentes. La mejor manera de predecir el futuro es creándolo.

Desde su experiencia, Ronald J. Garan, ex astronauta de la NASA quien en una misión espacial observó el planeta tierra durante 178 días, sugiere cambiar el orden de los pensamientos y pasar de pensar en economía, sociedad y planeta, a planeta, sociedad y economía. Afirma que solo así con esta percepción, podrá tener continuidad nuestro proceso evolutivo.

Bibliografía

- Bruno, M.P. et al., 2023. Bioeconomía Circular: antecedentes y propuesta metodológica.
<http://hdl.handle.net/20.500.12123/16919>
- Naciones Unidas, 2015. Perspectivas Demográficas Mundiales. División de Población, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales.
<https://lopezdoriga.com/internacional/cuenta-poblacion-mundial-estima-la-onu-en-2050-y-2100/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2018. Transformar la Alimentación y la Agricultura para alcanzar los ODS. 20 acciones interconectadas para guiar a los encargados de adoptar decisiones.
<http://www.fao.org/3/i9900es/I9900ES.PDF>
- Toledo, V.M., 2013. El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica Relaciones. Estudios de historia y sociedad, vol. XXXIV, núm. 136, pp. 41-71. El Colegio de Michoacán, A.C., Zamora, México.
<https://www.redalyc.org/pdf/137/13729711004.pdf>
- World Wildlife Fund (WWF), 2012. Informe Planeta Vivo.
https://wwf.panda.org/wwf_news/?204872/La-Tierra-ha-sobregirado-sus-recursos---Informe-Planeta-Vivo-de-WWF-2012

Simposio

Proyecciones del cambio climático sobre disponibilidad de agua, producción de alimentos y agostaderos en el norte de México

Victor M. Rodríguez Moreno

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

rodriguez.victor@inifap.gob.mx

Palabras clave: seguridad alimentaria, seguridad hídrica, escenarios de cambio climático.

La seguridad hídrica y la seguridad alimentaria están estrechamente ligados a los efectos del cambio climático. Ambos conceptos son fundamentales para el bienestar de la población, y son ampliamente afectados por los efectos multifacéticos del cambio climático.

El cambio climático está fuertemente relacionado con la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos asociados a la temperatura del aire como a la condición de sequía y a la prevalencia y extensión de ondas de calor, así como a la ocurrencia de eventos de lluvias torrenciales. Los efectos inmediatos son la inestabilidad de las cadenas tróficas, y de las cadenas de producción, que pueden verse afectadas por la disponibilidad y calidad del agua.

El abasto de agua y el cambio climático, pueden ocasionar crisis sociales y económicas en México. México está experimentando una creciente escasez de agua debido a una combinación de factores que incluyen la extracción excesiva, la contaminación y la variabilidad climática.

Muchas regiones, sobre todo en el norte y el centro del país, se enfrentan ya a una grave escasez de agua. La agricultura es uno de los principales consumidores de agua en México. La escasez de agua puede afectar al rendimiento de los cultivos y amenazar la seguridad alimentaria, provocando un aumento de los precios de los alimentos e inestabilidad económica en las zonas rurales. La rápida urbanización ha puesto a prueba los recursos hídricos de las ciudades. Una gestión del agua y unas infraestructuras inadecuadas pueden provocar problemas de abastecimiento, afectando a millones de personas y agravando las desigualdades sociales.

La escasez de agua puede provocar conflictos por los recursos entre diferentes regiones, sectores (como el uso agrícola frente al urbano) e incluso países que comparten fuentes de agua transfronterizas. El aumento de las temperaturas puede agravar la escasez de agua al incrementar las tasas de evaporación y alterar los patrones de precipitación. Esto puede provocar sequías más graves y una menor disponibilidad de agua. Geográficamente, México es vulnerable a fenómenos meteorológicos extremos como huracanes, inundaciones y sequías. Se prevé que el cambio climático aumente la frecuencia e intensidad de estos fenómenos, que pueden perturbar las comunidades y las economías.

Los cambios climáticos pueden afectar a los ecosistemas y a la biodiversidad. Por ejemplo, la alteración de los regímenes de precipitaciones puede afectar a los bosques y humedales, que desempeñan un papel crucial en la regulación del agua y la estabilidad del clima. El aumento de las temperaturas y los cambios en la disponibilidad de agua pueden afectar a la salud pública, provocando enfermedades relacionadas con el calor, enfermedades transmitidas por el agua y malnutrición debido a la inseguridad alimentaria.

El cambio climático puede perturbar sectores económicos clave como la agricultura, el turismo y la pesca. Por ejemplo, una menor disponibilidad de agua puede perjudicar la productividad agrícola, mientras que los fenómenos meteorológicos extremos pueden dañar las infraestructuras y perturbar las actividades económicas.

La escasez de agua y los impactos climáticos pueden obligar a las personas a emigrar de las regiones afectadas, lo que provocaría un aumento de la presión sobre las zonas urbanas y posibles tensiones sociales. Las comunidades vulnerables, especialmente las de las zonas rurales o marginadas, suelen verse afectadas de forma desproporcionada por la escasez de agua y los impactos climáticos. Esto puede exacerbar las desigualdades sociales existentes y provocar malestar social. Los efectos combinados de la reducción de la producción agrícola, el aumento de los costes de recuperación de catástrofes y los daños a las infraestructuras pueden sobrecargar la economía nacional y afectar a la estabilidad económica.

Para hacer frente al reto de los efectos del cambio climático, se requieren estrategias integrales de gestión del agua, medidas de adaptación al clima y políticas que promuevan la resiliencia y la sostenibilidad. La colaboración entre el gobierno, la industria y las comunidades será crucial para mitigar los impactos y garantizar la estabilidad a largo plazo.

Simposio

De circularidad en los establos de la cadena de suministro de leche en México

Ashutosh Sharma

Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro
asharma@tec.mx

Palabras clave: circularidad, manejo de estiércol, sostenibilidad, granjas lecheras sustentables.

Resumen

La producción lechera a nivel global es un contribuyente significativo al cambio climático, con el sector agropecuario representando aproximadamente el 16-20% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Dentro de este contexto, las granjas lecheras son responsables de cerca del 6% de las emisiones totales, lo que destaca la necesidad urgente de implementar prácticas sostenibles.

Un enfoque integral que aborde la gestión del alimento, el estiércol y el suelo es crucial para maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental de la producción láctea. La adopción de intervenciones de circularidad puede transformar los desechos en recursos valiosos, fomentando la sostenibilidad del sector.

En particular, la gestión del estiércol es fundamental para reducir las emisiones de CO₂. La conversión de estiércol en fertilizantes orgánicos no solo mejora la calidad del suelo, sino que también reduce la huella de carbono asociada a las operaciones lecheras.

La colaboración entre agricultores, empresas, universidades y entidades gubernamentales será esencial para la implementación efectiva de estas prácticas sostenibles. Se anticipa que estas estrategias no solo aumentarán la productividad y rentabilidad de los establos, sino que también fortalecerán el compromiso del sector lácteo con la sostenibilidad ambiental y la mitigación del cambio climático.

Finalmente, se presentarán recomendaciones para escalar estas prácticas y fomentar políticas que promuevan un manejo responsable del estiércol en la cadena de suministro de leche en México.

Simposio

Mitigación del impacto hídrico y ambiental: el primer paso hacia una lechería y producción de carne moderna y eficiente

Omar Iván Santana

INIFAP Campo Experimental Pabellón
santana.omar@inifap.gob.mx

Palabras clave: agua, metano (CH_4), sistema regenerativo.

Panorama general

Se estima que la población mundial alcanzará los nueve billones en el 2050, incrementándose principalmente en los países en vías de desarrollo de Latinoamérica y algunos países de África. Eso trae consigo el compromiso de proveer alimento al tiempo que se debe reducir la huella hídrica y ambiental de la producción de alimentos. En esos países, en los últimos 60 años el consumo per cápita de proteína animal (g/día) se ha doblado, mientras en los países desarrollados se ha mantenido relativamente estable. Lo anterior deriva de una intensificación de los sistemas de producción animal en Europa y Norteamérica que resulta en un superávit doméstico, lo que permite proveer a los países sub-desarrollados principalmente de productos lácteos, así como de carne de res y de ave. Por otra parte, la creciente presión social y ambiental ha empujado una agenda que busca reorientar la preferencia del consumidor hacia una alimentación con menor contenido de proteína animal, bajo el argumento de reducir la huella hídrica y de carbono de los sistemas de producción animal, a los cuales se les atribuye una significativa emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

En el caso de producción de carne y leche de bovino la presión es mayor dado que el sistema digestivo del rumiante produce naturalmente gas metano (CH_4) derivado de la digestión de la fibra, el cual es un gas con 21 veces mayor efecto invernadero que el CO_2 ; el 90% del CH_4 se exhala en la respiración (i.e. CH_4 entérico) y solo un 10% se emite en las flatulencias. La producción de CH_4 entérico es dependiente de la digestibilidad de la fibra y la presencia de bacterias metanogénicas en el rumen que forman CH_4 utilizando los iones H^+ liberados al digerirse la fibra. En los últimos años se ha buscado inhibir esas bacterias utilizando diversos compuestos con diferentes mecanismos de acción. Sin embargo, algunos de esos fármacos presentan limitaciones y regulaciones de parte de la Agencia Europea de Medio Ambiente y la FDA en Estados Unidos, ya que pueden poner en riesgo la vida del animal, posibles efectos en el consumo humano, o bien su degradación e impacto en el medio ambiente una vez que se excretan permanece aún incierto.

La actualidad

Aunque la agricultura es el segundo emisor global con el 24% de GEI después de la generación de electricidad, es necesario que la intensificación de los sistemas de producción agrícolas y ganaderos sigan una ruta sustentable y con un enfoque regenerativo. La tecnificación del riego y el mejoramiento genético (animal y vegetal) ha contribuido a que, comparado a 1940-1960, actualmente se requiere 35% menos agua, 21% menos animales y 10% menos tierra para

producir un millón de litros de leche. Respecto a las emisiones de GEI, la mayor eficiencia alimenticia e intensificación de los sistemas ganaderos, hoy en día ha permitido diluir las emisiones de GEI en más cantidad de producto. Por ejemplo, actualmente una vaca lechera Holstein que produce 35 L de leche al día emite entre 380 y 420 g de CH₄, mientras que en el 2000 había una similar emisión con una producción diaria de 20 L (11 vs. 20 g de CH₄ / L, respectivamente). En producción de carne el avance ha sido parecido, ya que actualmente se produce 1.0 kg de PV con una emisión de 66 g de CH₄ en sistemas de confinamiento y altas ganancias de peso, comparado a los 109 g de CH₄ por kg de PV en un sistema extensivo.

La huella hídrica es también un factor preocupante, ya que es conocido el alto requerimiento de agua para producir un litro de leche o de carne. Se puede decir que la reducción en 35% menos agua comparado a 60 años atrás se debe a la tecnificación del riego y el incremento en el potencial de rendimiento de cultivo asociado al mejoramiento genético. Actualmente, el ensilado de maíz es el forraje de mayor uso e importancia en la producción de carne y leche en Estados Unidos, Europa y países de Latinoamérica como México, Brasil y Argentina. El mayor avance genético en el desarrollo de híbridos de maíz comparado a la alfalfa o cereales ha sido un paso clave. Por ejemplo, en Aguascalientes el potencial de producción de maíz forrajero en el 2000 era de 20 t/ha de forraje seco, mientras que en 2023 alcanzó las 30 t/ha; además el uso del riego por goteo permitió incrementar la eficiencia de 1.2 a 3.1 kg de forraje seco por m³, respectivamente. Si a lo anterior se agrega que los híbridos de hoy en día tienen mayor porcentaje de grano, eso resulta en más nutrientes digestibles por m³, lo que permite tener un ensilado más denso en energía y con mayor digestibilidad.

¿Hacia dónde ir?

Considerando los avances genéticos y tecnológicos actuales, hay potencial para continuar reduciendo la huella hídrica y ambiental en la producción de carne y leche. El manejo de la dieta es crucial para incrementar la eficiencia alimenticia, por una parte, se diluye aún más la emisión de GEI en mayor producción, y por otra buscar mejorar la digestibilidad de los forrajes para disminuir la formación de CH₄ entérico. El sistema regenerativo que se propone en el INIFAP Aguascalientes se enfoca en lograr más eficiencia alimenticia (más L de leche o más ganancia diaria de peso por kg de alimento consumido) y reciclar nutrientes en el suelo. Un primer paso es mejorar la digestibilidad de la fibra en maíz forrajero al cosechar en el momento óptimo de madurez de grano y contenido de materia seca, además de incluir prácticas agronómicas en beneficio del suelo, el forraje y el ganado. Por ejemplo, elevar la altura de corte al 10% de la altura total de la planta, permite adicionar carbono al suelo y reducir la fracción de fibra no digestible, optimizando la producción de leche, consumo de alimento y uso del N en el rumen. Esos tres factores han permitido obtener hasta 0.9 L más de leche con 0.4 kg menos de alimento y 120 g menos de proteína de sobreceso.

Incorporar residuos del cultivo al suelo – carbono – permite amortiguar las aplicaciones de estiércol, las cuales deben ser siempre moderadas para evitar la acumulación de sales. En la región de Aguascalientes se ha demostrado que agregar el residuo del tallo al elevar la altura de corte y aplicar 16 t/ha anuales de estiércol bovino (base seca), permiten reducir el 30% del fertilizante (N y P) al tercer año de llevar a cabo esa práctica. Así pues, el eficiente reciclaje de N y P vía estiércol ayuda a reducir el uso de fertilizantes químicos, mejora la rentabilidad del cultivo y se regenera el contenido de materia orgánica en suelo, con lo que se logra más retención de humedad. Esto último trae consigo el beneficio de extender los días entre riegos y reducir el estrés hídrico en la planta. Está de mas decir que la regeneración del suelo conduce a mayor potencial de rendimiento, con lo que se maximiza la producción de nutrientes por m² y sí se añade el factor de eficiencia de riego serían más nutrientes por m³. El goteo ha revolucionado la industria del

riego y ahora los pivotes se pueden convertir en un goteo móvil, que es apto para grandes superficies con diferentes relieves, en donde el goteo convencional sería impensable. A nivel comercial en Aguascalientes, se ha obtenido un aumento del 25% en rendimiento de forraje de maíz y una reducción del 15% en consumo de agua al convertir un pivote convencional en un sistema de goteo móvil.

El uso de forrajes alternativos con menor requerimiento de agua es importante para continuar reduciendo la huella hídrica. En el INIFAP Aguascalientes se ha evaluado el sainfoin, una leguminosa con más tolerancia al estrés hídrico y suelos salinos que la alfalfa; además de que produce en cuatro cortes lo que la alfalfa produce en ocho cortes, con lo también se reduce el consumo de diésel y el paso de maquinaria en el terreno. Adicionalmente, el forraje del sainfoin contiene taninos, por lo que el ganado no tiene riesgo de timpanismo. Al respecto, se ha reportado que suministrar taninos en rumiantes reduce la formación de CH_4 entérico; así pues, reemplazar heno de alfalfa con heno de sainfoin podría ayudar a mitigar la huella hídrica y ambiental. En ese mismo contexto, actualmente se han desarrollado híbridos de maíz pigmentados que contienen taninos y antocianinas, complementándose así un forraje proteico (sainfoin) y un energético (ensilado de maíz) ambos con efecto en la reducción de CH_4 entérico.

Conclusión

Existen elementos de manejo nutricional, agronómico, genéticos y tecnológicos que integrados estratégicamente en un sistema de producción de carne y/o leche pueden ayudar a mitigar el impacto hídrico y ambiental. Sin embargo, debe haber un enfoque de regeneración del suelo como eje rector, ya que en éste es donde comienza la producción y en donde se reciclan los nutrientes. Las emisiones de CH_4 entérico serán disminuidas si se ayuda a mejorar la digestibilidad de los forrajes, es la vía más económica, social y ambientalmente más aceptable; aunque también se requiere de diluir las emisiones en mayor producción, para lo cual se requiere incrementar la eficiencia de conversión alimenticia.



LIX REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA

LIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Memoria

Aguascalientes, Ags.
23 – 26 de octubre de 2024

<http://reunionescientificas.inifap.gob.mx>