



XIV Simposio Internacional de Nogal Pecanero



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional del Noroeste
Campo Experimental Costa de Hermosillo
Hermosillo, Sonora. Septiembre 2013

Memoria Científica No. 4

**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN**

LIC. ENRIQUE MARTINEZ Y MARTINEZ
Secretario

LIC. JESÚS AGUILAR PADILLA
Subsecretario de Agricultura

PROF. ARTURO OSORNIO SÁNCHEZ
Subsecretario de Desarrollo Rural

LIC. RICARDO AGUILAR CASTILLO
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

LIC. MARCOS BUCIO MUJICA
Oficial Mayor

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

DR. PEDRO BRAJCICH GALLEGOS
Director General

DR. SALVADOR FERNÁNDEZ RIVERA
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M.Sc. ARTURO CRUZ VÁZQUEZ
Coordinador de Planeación y Desarrollo

M.A. FRANCISCO GONZÁLEZ NARANJO
Coordinador de Administración y Sistemas- Encargado del Despacho

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL NOROESTE
DR. ERASMO VALENZUELA CORNEJO
Director Regional

M.C. JESÚS ARTURO SAMANIEGO RUSSO
Director de Investigación

DR. JESÚS ARNULFO MÁRQUEZ CERVANTES
Director de Planeación y Desarrollo

LIC. JOSÉ SILVA CONSTANTINO
Director de Administración

CAMPO EXPERIMENTAL COSTA DE HERMOSILLO
DR. JESUS HUMBERTO NÚÑEZ MORENO
Jefe de Campo

SITIO COSTA DE HERMOSILLO
M.S. PEDRO FCO. ORTEGA MURRIETA
Soporte Técnico

XIV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANERO

M.C. José Grageda Grageda
Dr. Jesús Humberto Núñez Moreno
M.C. Luis A. Maldonado Navarro
Dr. Gerardo Martínez Díaz
MC. Fernando Vieira de Figueiredo
Editores

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional del Noroeste
Campo Experimental Costa de Hermosillo
Sitio Costa de Hermosillo

Hermosillo, Sonora

Septiembre de 2013

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Progreso # 5, Colonia Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán
C.P. 04010 México D.F.
Tel. (55) 3871- 8700

Primera edición 2013

La presente publicación se terminó de imprimir el mes de Septiembre de 2013 en Desarrollo de Sistemas Digitales de Información Linuxsistemas & Print Todo Diseño. Leocadio Salcedo # 55. Hermosillo, Sonora.

Tiraje: 500 ejemplares.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta memoria, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Todos los artículos fueron sometidos a revisión por pares, por los Comités Editorial y Científico para su evaluación de contenido, formato y la posterior aceptación.

PROGRAMA DE CONFERENCIAS

	Conferencias. Jueves 12 de Septiembre
Desde 7:30 a.m.	REGISTRO
8:25 – 8:35	BIENVENIDA Dr. Pedro Brajcich Gallegos. Director General del INIFAP.
8:35 – 8:40	MENSAJE Dr. Horacio Huerta Cevallos. Delegado de SAGARPA en Sonora.
8:40 – 8:45	OBJETIVOS DEL EVENTO Sr. Trinidad Rosas Guerra, Presidente de la Fundación Produce Sonora, A.C.
8:45 – 8:50	INAUGURACIÓN Ing. Héctor Ortiz Ciscomani, Secretario de SAGARHPA. Gob. Edo. de Sonora.
8:50 – 9:10	EL SISTEMA - PRODUCTO NUEZ Sr. Carlos Baranzini Coronado. Pdte. de Productora de Nuez. Hermosillo, Sonora.
9:10 – 9:15	Receso
9:15 – 9:55	SALINIDAD DE AGUA Y SUELO Y SUS EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN DE NUEZ MC. Noé Chávez Sánchez. INIFAP-Delicias, Chih.
9:55 – 10:25	ASPECTOS NUTRICIONALES RELACIONADOS A ESTRÉS ABIÓTICO EN NOGAL PECANERO. Dra. Damaris Ojeda Barrios. FACIATEC – UACH. Chihuahua, Chih.
10:25 – 10:50	RESERVAS DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNAS EN RAÍCES Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL NOGAL. Dr. Gerardo Martínez Díaz. INIFAP. Hermosillo, Son.
10:50 – 11:15	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIEDADES DE NOGAL EN LA COSTA DE HERMOSILLO. Ing. Javier Sánchez Romo. Técnico de Productora de Nuez. Hermosillo, Sonora.
11:15 – 11:30	Receso – Visita a Carteles de Investigación y Módulos Comerciales
11:30 – 11:55	CONSIDERACIONES TECNICAS EN EL MANEJO DEL AGUA EN HUERTAS DE NOGAL CON RIEGO POR GOTEO. M.C. Benjamín Valdez Gascón. INIFAP. Hermosillo, Sonora.
11:55 – 12:25	TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS EN NOGAL. M.C. Servando Quiñones Luna. Dow AgroSciences de México. Guadalajara, Jal.
12:25 – 12:50	EL CLIMA EN LA PRODUCCIÓN DE NOGAL. M.C. José Grageda Grageda. INIFAP. Hermosillo, Sonora.
12:50 – 14:35	Comida
14:35 – 15:00	EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LAS NUECES EN EL NORTE DE MÉXICO. Ing. Edgardo Urías García. Asesor Técnico Particular. Hermosillo, Sonora.
15:00 – 15:25	USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO DURANTE LA BROTAÇÃO DEL NOGAL. Dr. Jesús Humberto Núñez Moreno. INIFAP. Hermosillo, Sonora.

15:25 – 15:50	ASPECTOS RELEVANTES EN EL MANEJO DE HUERTAS DE NOGAL. Ing. Luis Esquer Parra. Asesor Técnico Particular. Hermosillo, Sonora.
15:50 – 16:05	Receso – Visita a Carteles de Investigación y Módulos Comerciales
16:05 – 16:45	GUÍAS MODERNAS PARA LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DEL NOGAL. Dr. Richard Heerema. Universidad Estatal de Nuevo México. Las Cruces, NM. E.U.
16:45 – 17:30	LAS HORMONAS EN ALTERNANCIA Y VIVIPARIDAD EN NOGAL. Dr. Bruce Wood. ARS-USDA. Byron, GA. E.U.
17:30 – 17:40	AVANCES DE LA CAMPAÑA DE ERRADICACIÓN DEL GUSANO BARRENADOR DE LA NUEZ EN HERMOSILLO. MS. Ricardo Ramonet Rascón. Presidente de la Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo, Sonora.
17:40 – 18:20	INTERACCIÓN DE LAS PLAGAS CON EL NOGAL PECANERO. Dr. Marvin Harris. Universidad de Texas A&M. College Station, TX. E.U.
18:20 – 19:00	OPTIMIZANDO EL MANEJO DEL RIEGO EN NOGAL. Dr. Zohrab Samani. Universidad Estatal de Nuevo México. Las Cruces, NM. E.U.
19:00	Clausura
	Recorrido de Campo. Viernes 13 de Septiembre
8:00-12:00	Huertas de la Costa de Hermosillo.
12:10-14:10	Comida Campestre



XIV Simposio Internacional de Nogal Pecanero

PROGRAMA DE RECORRIDO DE CAMPO VIERNES 13 DE SEPTIEMBRE

HORA	TEMA- PONENTE-CAMPO
ESTACIÓN DEMOSTRATIVA 1:	CAMPO EL PÉNJAMO <i>Carretera 0 sur km 11</i>
9:15-9:20	BIENVENIDA <i>Dr. Jesús Humberto Núñez Moreno. - Jefe de Campo INIFAP - Costa de Hermosillo.</i>
9:20-9:35	INJERTO DE NOGAL VAR. WICHITA SOBRE VAR. WESTERN EN ÁRBOLES ADULTOS <i>Ing. Luis Alberto Esquer Parra - Asesor técnico</i>
9:35-9:50	LIBERACION MASIVA DE INSECTOS BENEFICIOS EN FORMA AEREA <i>Ing. Alejandro Suárez Beltrán- Gerente de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Yaqui</i>
9:50-10:10	TRASLADO A ESTACIÓN DEMOSTRATIVA 2
ESTACIÓN DEMOSTRATIVA 2:	CAMPO LA HABANA <i>Calle 0 sur Km. 5</i>
10:10-10:25	ACOLCHADOS PLÁSTICOS EN HUERTAS DE NOGAL <i>Dr. Jesús Humberto Núñez Moreno - INIFAP Costa de Hermosillo</i>
10:25-10:35	MANEJO DEL RIEGO EN HUERTAS DE NOGAL <i>Ing. Carlos Enrique Apodaca Valdez - Asesor Técnico del Grupo Mazón.</i>
10:35-10:50	MANEJO HORMONAL DE LA GERMINACIÓN DE LA NUEZ <i>Dr. Gerardo Martínez Díaz - INIFAP Costa de Hermosillo</i>
10:50-11:30	TRASLADO A ESTACIÓN DEMOSTRATIVA 3
ESTACIÓN DEMOSTRATIVA 3:	CAMPO SANTA PAULINA <i>Carretera 20 sur km 5</i>
11:30-11:45	MANEJO DE HUERTAS JÓVENES DE NOGAL <i>Ing. Edgardo Urias García - Asesor Técnico Particular</i>
11:45-12:00	COSTOS DE PRODUCCIÓN EN NOGAL PECANERO <i>Ing. Javier Sánchez Romo- Técnico SPR Productora de Nuez A.C.</i>
12:00-12:15	MANEJO FITOSANITARIO DE NOGAL PECANERO EN LA COSTA DE HERMOSILLO <i>Ing. Gildardo Ozuna Badachi - Técnico de la Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo, Sonora</i>
	TRASLADO A CAMPO LA CHOYA
	COMIDA CAMPESTRE EN REPRESO CAMPO LA CHOYA <i>Carretera a Bahía de Kino Km. 73</i>



**PLANO DEL RECORRIDO DE CAMPO
13 DE SEPTIEMBRE DE 2013**

ESTACIONES



COMITÉ ORGANIZADOR

COORDINACION GENERAL	JESÚS HUMBERTO NUÑEZ MORENO JOSÉ GRAGEDA GRAGEDA PEDRO FRANCISCO ORTEGA MURRIETA
FINANZAS	PEDRO FCO. ORTEGA MURRIETA JESUS HUMBERTO NUÑEZ MORENO ROBERTO VERDUGO PALACIOS
PROMOCION Y DIFUSION	LUIS ARMANDO MALDONADO NAVARRO MIGUEL ANGEL ZAPATA MORENO MIGUEL ANTONIO PARRA GALINDO
EXPOSITORES	JOSÉ GRAGEDA GRAGEDA JESÚS HUMBERTO NUÑEZ MORENO
MEMORIAS	JOSE GRAGEDA GRAGEDA JESUS HUMBERTO NUÑEZ MORENO LUIS A. MALDONADO NAVARRO GERARDO MARTINEZ DIAZ FERNANDO VIEIRA DE FIGUEIREDO
INSCRIPCIÓN Y REGISTRO	GERARDO MARTÍNEZ DIAZ EMILIO JIMÉNEZ GARCÍA LUIS A. MALDONADO NAVARRO ANA AURORA FONTES PUEBLA
RECORRIDOS DE CAMPO	GUSTAVO A. FIERROS LEYVA RODOLFO SABORI PALMA
MODULOS COMERCIALES Y CARTELES	WILFRIDO VERDUGO ZAMORANO ANA AURORA FONTES PUEBLA AGUSTÍN ALBERTO FU CASTILLO BENJAMÍN VALDEZ GASÓN
LOCAL Y ALIMENTACION	JOSE LUIS MIRANDA BLANCO JESÚS HUMBERTO NUÑEZ MORENO
TRANSPORTE Y HOSPEDAJE	FERNANDO VIEIRA DE FIGUEIREDO JOSE LUIS MIRANDA BLANCO
MODERADORES	JESUS HUMBERTO NUÑEZ MORENO GERARDO MARTINEZ DIAZ

COMITÉ CIENTÍFICO

NOMBRE	INSTITUCIÓN
DR. TOMÁS OSUNA ENCISO	CIAD, A.C. – UNIDAD CULIACÁN
MC. MANUEL ALONZO BÁEZ SAÑUDO	CIAD, A.C. – UNIDAD CULIACÁN
DR. JESÚS HUMBERTO NÚÑEZ MORENO	INIFAP – HERMOSILLO, SONORA.
MC. JOSÉ GRAGEDA GRAGEDA	INIFAP - HERMOSILLO, SONORA.
DR. ARMANDO CARRILLO FACIO	CIAD, A.C. – UNIDAD CULIACÁN
MC. FERNANDO VIEIRA DE FIGUEIREDO	INIFAP - HERMOSILLO, SONORA.
DR. GERARDO MARTÍNEZ DÍAZ	INIFAP - HERMOSILLO, SONORA

COMITÉ ORGANIZADOR RECORRIDO DE CAMPO

COMISIONES DE TRABAJO

ORGANIZACIÓN GENERAL	GUSTAVO ADOLFO FIERROS LEYVA RODOLFO SABORI PALMA JOSE GRAGEDA GRAGEDA
FINANZAS	JESUS HUMBERTO NUÑEZ MORENO ROBERTO VERDUGO PALACIOS
ESTACION DEMOSTRATIVA 1 <i>Campo El Pénjamo</i>	LUIS ARMANDO MALDONADO NAVARRO MIGUEL ANTONIO PARRA GALINDO
ESTACION DEMOSTRATIVA 2 <i>Campo La Habana</i>	GERARDO MARTINEZ DIAZ ANA AURORA FONTES PUEBLA
ESTACION DEMOSTRATIVA 3 <i>Campo Santa Paulina</i>	WILFRIDO VERDUGO ZAMORANO AGUSTIN ALBERTO FU CASTILLO
COMIDA DE CAMPO	PEDRO FCO ORTEGA MURRIETA JOSE LUIS MIRANDA BLANCO
TRANSPORTACION TERRESTRE	FERNANDO VIEIRA DE FIGUEIREDO BENJAMIN VALDEZ GASCÓN
MODERADORES	MIGUEL ANGEL ZAPATA MORENO EMILIO JIMENEZ GARCIA

AGRADECIMIENTOS

El Comité Organizador del XIV Simposio Internacional de Nogal Pecanero, agradece el apoyo del Gobierno del Estado de Sonora, Fundación Produce Sonora A.C., Productora de Nuez SPR de RI y el Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora A.C. (PIEAES), para la realización de este evento.

De la misma manera se hace amplio reconocimiento y agradecimiento por su apoyo a las siguientes instituciones y/o empresas:

- Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C.
- CIAD, A.C. Unidad Culiacán
- Universidad Autónoma de Chihuahua
- Universidad de Texas A&M. College Station, TX. USA.
- Universidad Estatal de Nuevo México. Las Cruces, NM.USA.
- USDA-ARS. Byron, GA. USA.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora
- Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo
- INIFAP-Campo Experimental Delicias

- Campo Agrícola El Pénjamo
- Campo Agrícola La Habana
- Campo Agrícola Santa Paulina
- Agropecuaria JAM

- Viveros Santa Rita
- Fertiriego Asesoría, SA de CV
- ABS Agrosoluciones
- Aquafim SA DE CV.
- Ferommis, SA de CV
- Agrinos
- Agroindustrias del Norte SA de CV
- Cosmocel Química SA de CV
- Dow Agrosciences de México.
- Savage Equipment Inc.
- Syngenta
- FMC Agroquímica de México SRL de CV
- Baden Agriproductos SA de CV

CONTENIDO

CONFERENCIAS	Pág.
SALINIDAD DE AGUA Y SUELO Y SUS EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN DE NUEZ <i>Noé Chávez Sánchez. INIFAP-Delicias, Chih.</i>	17
ASPECTOS NUTRICIONALES RELACIONADOS A ESTRÉS ABIOTICO EN NOGAL PECANERO. <i>Dámaris L. Ojeda Barrios. FACIATEC-UACH</i>	24
RESERVAS DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNAS EN RAÍCES Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL NOGAL <i>Gerardo Martínez Díaz. INIFAP - Hermosillo, Sonora.</i>	31
CONSIDERACIONES TECNICAS EN EL MANEJO DEL AGUA EN HUERTAS DE NOGAL CON RIEGO POR GOTEO EN LA COSTA DE HERMOSILLO. <i>Benjamín Valdez Gascón. INIFAP - Hermosillo, Sonora.</i>	38
TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS EN NOGAL <i>Servando Quiñones Luna. Dow AgroSciences. Guadalajara, Jalisco.</i>	44
EL CLIMA Y LA PRODUCCIÓN DE NOGAL PECANERO <i>José Grageda Grageda. INIFAP - Hermosillo, Sonora.</i>	57
EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA NUEZ EN EL NORTE DE MÉXICO <i>Edgardo Urias García. Asesor Técnico Particular. Hermosillo, Sonora.</i>	69
USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO DURANTE LA BROTAÇÃO DEL NOGAL <i>J. Humberto Núñez Moreno. INIFAP - Hermosillo, Sonora.</i>	76
NITROGEN DEFICIENCY IMPACTS ON PHOTOSYNTHESIS DURING PECAN KERNEL FILL & MODERN GUIDELINES FOR NITROGEN FERTILIZATION IN PECAN ORCHARDS <i>Richard Heerema. Extension Pecan Specialist. New Mexico State University Las Cruces, NM.</i>	81
MANAGING PECAN ALTERNATE BEARING AND VIVIPARY <i>Bruce W. Wood. U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service. Byron, GA. USA.</i>	84
CAMPAÑA MANEJO FITOSANITARIO DEL NOGAL. <i>Ricardo Ramonet Rascón. Presidente de la Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo, Sonora.</i>	90
OPTIMIZING IRRIGATION MANAGEMENT IN PECAN <i>Zohrab Samani, Rhonda Skaggs. New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico.USA.</i>	93
VIVIPARY IN PECAN (<i>Carya illinoiensis</i>): THE SIGNAL TRANSDUCTION PATHWAY <i>Gerardo Martínez Díaz</i>	102
PONENCIAS DE INVESTIGACIÓN - CARTELES	
SITUACIÓN ACTUAL DEL NOGAL PECANERO (<i>Carya illinoiensis</i> (Wangenh) K.Koch) EN EL MUNICIPIO DE AMACUECA JALISCO, MÉXICO. <i>Omar Champo Jiménez.</i>	106

EVALUACIÓN DE CANOLA (<i>Brassica napus L.</i>) COMO COBERTERA VEGETAL EN NOGAL PECANERO EN LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA <i>Wilfrido Verdugo Zamorano</i>	108
INSPECCIONES DE SANIDAD EN PLANTAS PROCESADORAS DE NUEZ PARA BUSQUEDA DE INFESTACIONES POTENCIALES DE INSECTOS <i>Francisco Javier Wong Corral</i>	113
SITUACIÓN ACTUAL DE INSECTOS MINADORES ASOCIADOS AL NOGAL PECANERO EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA <i>Gerardo García Nevarez</i>	118
DIVERSIDAD DE INSECTOS PLAGA EN PRE Y POSTCOSECHA DE LA NUEZ PRODUCIDA EN LA COSTA DE HERMOSILLO <i>Francisco Javier Wong Corral</i>	122

PRESENTACIÓN

El nogal pecanero constituye uno de los sistemas producto con mayor importancia como generador de divisas en el estado de Sonora, observándose año con año incrementos en la superficie establecida pero con esto la presencia de nuevos problemas que afectan los niveles de productividad, calidad y consecuentemente la competitividad.

Por esta razón, el INIFAP a través del Campo Experimental Costa de Hermosillo desde hace 13 años ha desarrollado este evento de transferencia de tecnología con la finalidad de dar a conocer alternativas de solución a los problemas que se presentan a este cultivo dándose a conocer las innovaciones generadas dentro y fuera de esta institución de investigación así como dentro y fuera del país.

En la presente versión del simposio se cuenta con la participación como organizador de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C., donde se convocó a sus socios para la presentación de trabajos de investigación sobre este cultivo. Se agradece a la Fundación Produce Sonora A.C., la Productora de Nuez SPR de RI, el Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora, A.C. y agricultores cooperantes por su apoyo para la generación de tecnología de las cuales se presentan algunas en este evento científico.

Atentamente

Campo Experimental Costa de Hermosillo-INIFAP

PRESENTACIÓN

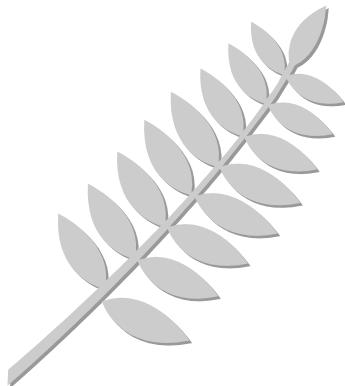
La realización del XIV Simposio Internacional de Nogal Pecanero, muestra la unidad de investigadores, técnicos, productores e Instituciones de apoyo, para promover el crecimiento de esta Cadena Agroindustrial. La Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C. (SOMECH) participa en este evento con el interés de cumplir con los objetivos de su creación; promover, divulgar e impulsar el desarrollo científico, técnico y educativo de las ciencias hortícolas, en esta ocasión, formando parte del Comité Organizador del XIV Simposio Internacional de Nogal Pecanero, que se celebra en la ciudad de Hermosillo, Sonora, los días 12 y 13 de septiembre de 2013.

El presente Simposio, aborda la problemática relacionada con el manejo del cultivo, incluyendo selección de variedades, nutrición, podas y uso y manejo del agua. La divulgación de los avances en estas líneas de investigación, ayudará a los productores en la toma de decisiones para que el cultivo de nogal se mantenga como uno de los más redituables dentro de los frutales de clima templado.

La Mesa Directiva Nacional de la SOMECH 2011-2013, agradece la invitación del Comité Organizador del XIV Simposio Internacional de Nogal Pecanero para participar en este importante evento. Nuestras felicidades y los mejores deseos para que el Simposio sea todo un éxito, en bien del sector nogalero y de México.

Atentamente
Dr. Tomás Osuna Enciso
Presidente de la SOMECH

CONFERENCIAS



SALINIDAD DE AGUA Y SUELO Y SUS EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN DE NUEZ

Noé Chávez Sánchez

Investigador Titular del INIFAP-Delicias.

chavez.noe@inifap.gob.mx

Resumen

La salinidad y sodicidad son factores abióticos que afectan el desarrollo del cultivo del nogal pecanero, se ha observado que el nogal es moderadamente tolerante a la salinidad y sodicidad, ya que a partir de una conductividad eléctrica de 2.0 dSm^{-1} y un PSI de 8.0, se reduce considerablemente el crecimiento y producción de este frutal; para evitar estos problemas es fundamental caracterizar la concentración de sales del agua de riego y su composición química para definir estrategias de manejo como la selección de fertilizantes, métodos de labranza y lamina de riego. Por otra parte cuando existe una acumulación de sales en el suelo es fundamental caracterizar si el problema es solo de salinidad para establecer prácticas de lavado, si existe el problema de sodicidad se debe definir el tipo de mejorador y la dosis a aplicar y las necesidades de drenaje y lavado.

Introducción

La superficie cultivada de nogal pecanero en México es de 98,612 ha se localiza en el norte, y prácticamente en su totalidad en áreas de riego de gravedad y bombeo, donde participan los estados de Chihuahua con el 61.1 %, Coahuila con 16.2 %, Sonora 9.7 %, Nuevo León con 4.3 % y Durango con 6.1 % (SIAP, 2013). En estas regiones se presentan características de clima y edáficas que permiten el desarrollo óptimo del cultivo como son: clima seco semiárido, veranos calientes, amplios períodos de crecimiento superiores a los 200 días libres de heladas, con altas acumulaciones de calor durante el periodo de desarrollo de la nuez y suelos de neutros a alcalinos (Brison, 1976); sin embargo las condiciones de alta tasas de evaporación y reducida precipitación pluvial, son factores que contribuyen a la acumulación de sales y sodio en el suelo, cuando se hace un manejo inadecuado del agua de riego con alto contenido de sales, y prácticas de labranza apropiadas en suelos arcillosos y con un deficiente drenaje en el perfil, (Regasamy, 2006).

La salinidad y sodicidad son aspectos diferentes, los cuales tienen diferente significado y forma en que afectan al suelo y a la planta. Se ha observado que el nogal es moderadamente tolerante a la salinidad y sodicidad, ya que a partir de una conductividad eléctrica de 2.0 dSm^{-1} y un PSI de 8.0, se reduce considerablemente el crecimiento y producción de este frutal; por lo que es fundamental establecer un criterio de manejo integral de la salinidad y sodicidad, para lograr un alto nivel de productividad de las huertas nogaleras. Para el manejo efectivo de la salinidad y sodicidad en nogal se debe considerar en forma integral el manejo del agua de riego, el suelo, prácticas de labranza, fertilización y la aplicación de mejoradores químicos cuando exista el problema de sodicidad, factores que se tratan con detalle en el presente trabajo.

Salinidad y sodicidad

La salinidad y sodicidad son aspectos diferentes, los cuales tienen diferente significado y forma en que afectan al suelo y a la planta. La salinidad se refiere a la cantidad de iones disueltos en el agua de riego o solución del suelo, se expresa como CE en dS/m (decisiemens por metro), ppm (partes por millón) o mg/l . En el agua de riego se determina en forma directa, en el suelo se determina del extracto de saturación. La sodicidad es la proporción de sodio, en relación al

Ca y Mg, en el agua de riego se expresa como Relación de Adsorción de Sodio (RAS), en el suelo se expresa como RAS cuando se estima del extracto de saturación, y como porcentaje de sodio intercambiable (PSI), cuando se estima la proporción de sodio en relación al calcio, magnesio y potasio intercambiables, como se describe en Rhoades (1996), Summer y Miller (1996).

Todos los suelos contienen sales, como producto de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren dentro de este. Las sales son compuestos químicos formados por iones positivos llamados cationes y negativos conocidos como aniones, los cationes comunes son: Na, Ca, Mg y K, y los aniones dominantes: SO_4 , HCO_3 y Cl, la mayoría de los iones son nutrientes para las plantas, los cationes Ca y Mg realizan el enlace entre las partículas del suelo para la formación de agregados, con lo cual se logra la aireación y permeabilidad del suelo. La salinización es la acumulación de sales en el solum del suelo que es la parte superior del perfil, donde se desarrollan las raíces de los cultivos, a un nivel que afecta el desarrollo adecuado de los cultivos. Se considera un suelo salino, cuando la CE del extracto de saturación es superior a 4 dS/m (Richards, 1974); sin embargo el umbral depende de varios factores incluyendo al cultivo, régimen de agua en el suelo y condiciones climáticas (Maas, 1986).

La salinidad tiene un efecto osmótico, que reduce la habilidad de la planta para absorber agua, también ocurre la acumulación de iones dentro de las células (Munns, 2002), condiciones que originan un mayor consumo de energía por parte de la planta, para absorber agua, regular el balance iónico y liberar los iones innecesarios, originando un menor vigor y rendimiento del cultivo (Munns and Tester, 2008). La sodicidad del suelo se refiere a la alta acumulación de sodio intercambiable en relación al calcio y magnesio, se considera un suelo sódico cuando el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es superior a 15 (Richards, 1974), aunque este umbral varía con los diferentes sistemas de clasificación de suelos (Rengasamy, 2006).

El exceso de sodio tiene un efecto fisiológico de toxicidad en la planta, se generaliza el efecto de la salinidad en un efecto de desbalance iónico; el efecto depende fuertemente del nivel de disponibilidad de potasio como nutriente (Maathuis and Amtmann, 1999). La salinidad en el suelo afecta la capacidad de retención de humedad y el potencial osmótico, dependiendo de la textura, tipo de arcilla y condiciones climáticas (Rengasamy, 2010). La sodicidad en el suelo ocasiona varios problemas, cuando la acumulación de sodio alcanza un 10% de sodio intercambiable, se afecta la permeabilidad, a medida que el sodio intercambiable rebasa este nivel, se produce la defloculación o rompimiento de los agregados del suelo, por lo que las partículas actúan individualmente y se origina una degradación considerable de las propiedades del físicas y químicas, lo cual afecta la aireación, permeabilidad y toxicidad por sodio, haciendo al suelo improductivo (Rengasamy, 2010).

Proceso de acumulación de sales y sodio en el suelo

Los procesos que contribuyen a la acumulación de sales y sodio en el suelo comprende varios componentes, entre ellos el material madre, condiciones climáticas, topografía del terreno y el efecto de las actividades humanas, lo cual determina el tipo y cantidad de acumulaciones en el perfil del suelo, Rengasamy (2006), agrupa estos procesos en tres tipos de acumulación: 1. Acumulación de sal y sodio por agua del subsuelo, 2. Aporte de sales por sedimentos y 3.- Salinidad asociada al riego. El uso de aguas residuales con alto contenido salino, drenaje deficiente y un manejo inapropiado de suelos, incrementa la acumulación de sales y sodio en áreas agrícolas de riego.

Propiedades del agua de riego

La composición química del agua superficial y subterránea es controlada por factores de mineralogía de rocas y suelo, clima y topografía, Gibbs, (1970), los integra en tres procesos: precipitación atmosférica, intemperismo y evaporación-cristalización, para identificar el proceso dominante se basa en el total de sólidos disueltos y su relación con la proporción del Na en relación a la suma de Ca y Na, se ha encontrado que este criterio no es universal y en cada caso particular se deben de considerar factores del patrón de flujo de las aguas y litología de la zona, por ejemplo Yuan y Miyamoto (2005), al estudiar los procesos dominantes de la química del agua en el río Pecos en el suroeste de EUA, encontraron que la concentración evaporativa y dilución del agua dulce son los procesos prevalecientes para definir la química del agua, la cual cambia en el patrón de flujo y la litología, y no es definida solo por el proceso de evaporación-cristalización como lo propone Gibbs (1979).

En el agua de riego, la salinidad se determina con la CE expresada en dS/m y como total de sólidos disueltos, expresados como mg/l o ppm; parámetros que permiten determinar la cantidad de sal que se aplica al suelo en un riego, por ejemplo al regar con un agua que tiene una CE de 1.5 dSm⁻¹, en un riego con una lámina de 15 cm se aplica 1.94 ton/ha, en el año se aplican 19.4 ton/ha. La calidad del agua de riego se valora de acuerdo a sus efectos tanto al cultivo como al suelo, considerando el contenido de sales, pH, RAS (Relación de Adsorción de Sodio), contenido de sodio y su proporción en relación al calcio y magnesio, tipo de aniones dominantes como sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos; con estas determinaciones se estima el riesgo de salinidad y sodicidad en el suelo; también se determina el contenido de iones específicos como boro, y metales pesados, los cuales tienen un efecto tóxico directo, en Ayers y Westcot (1996), se describe con detalle.

En huertas con riego de agua de bombeo en la región de Delicias Chih. y la Comarca Lagunera, se realizó el muestreo del agua de riego para determinar el contenido de sales e identificar la naturaleza de los iones que las forman, para definir como balancear la salinidad mediante el uso de fertilizantes ácidos cuando existe bicarbonatos, y el uso de nitrato de amonio y nitrato de potasio cuando dominan sulfatos. Para describir la composición química es necesario relacionar la naturaleza de los iones presentes y su concentración proporcional, en estudios geohidrológicos ha sido muy efectivo del diagrama trilineal de Piper, el cual muestra la concentración relativa de cationes y aniones en dos gráficas trilineales separadas, junto con una gráfica de diamante central, donde las dos gráficas trilineales son proyectadas, estos diagramas facilitan la discriminación de distintos tipos de aguas, como se muestra en Guler *et al* (2002).

Caracterización química del agua de riego en huertas nogaleras

Al analizar agua de riego de diferentes huertas y aplicando el diagrama de Piper, se encontró que en los cationes domina el calcio, en algunos casos existe una proporción fuerte de sodio y el contenido de magnesio es bajo en general, en algunas aguas dominan los bicarbonatos y en otras los sulfatos, en muy reducidos casos existe contenidos altos de cloruros. En la figura 1, se muestra la gráfica de aniones, cationes y el diagrama de diamante, se obtienen cuatro grupos de aguas, donde dominan las ricas en bicarbonato de calcio, sulfato de calcio, bicarbonato de sodio y una reducida cantidad de sulfatos de sodio. De acuerdo al tipo de agua dominante, las ricas en bicarbonatos de sodio son las más peligrosas para la acumulación de sodio en el suelo en forma de bicarbonatos de sodio, existe un grupo fuerte de aguas donde dominan los sulfatos de calcio, las cuales ocasionan un efecto salino en los cultivos, efecto que se puede reducir si se realizan riegos frecuentes y si existe un buen drenaje en el perfil de suelo, su acumulación en el suelo será lenta.

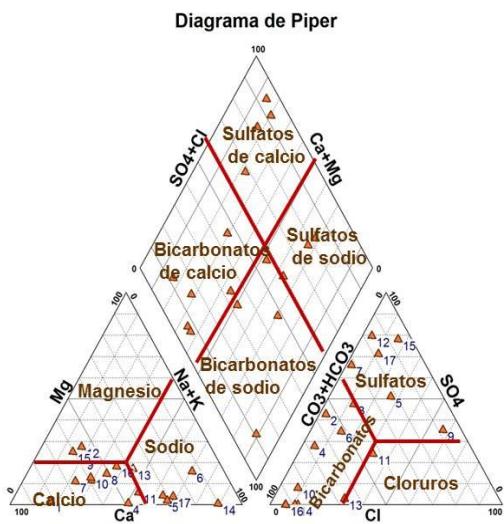


Figura 1. Diagrama de Piper contenido de cationes, aniones y su interrelación de las aguas de huertas nogaleras.

Según el tipo de aniones se seleccionará la fuente de fertilizante y en base al contenido se definirá la dosis para evaluar el efecto de neutralización y balance de sales mediante la aplicación de diferentes fuentes de fertilizante, que proporcionen las dosis requeridas de nitrógeno, fosforo y potasio a través del ciclo de cultivo, según el requerimiento nutricional definido por el contenido nutrimental del suelo, estado nutrimental del árbol y nivel de producción, de tal forma que dominen los iones nutrimentales para obtener el menor efecto salino tanto en el cultivo como en el suelo.

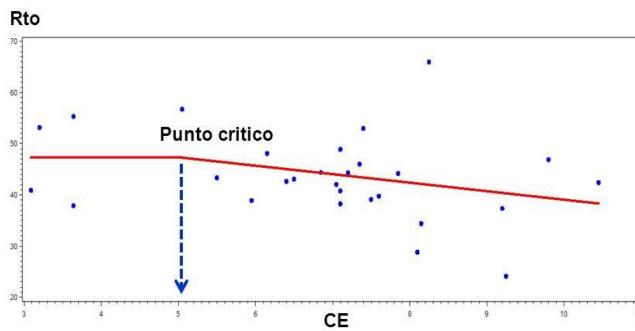
Rehabilitación de suelos sódicos en huertas nogaleras

Con el objetivo de definir la dosis y producto de mejorador químico para la rehabilitación eficiente de suelos sódicos se seleccionó una huerta nogalera en la región de Delicias, con suelo de color oscuro con subsuelo arcilloso gravoso, con la presencia de sales y sodio, la CE es de 2.23, 2.87 y 3.65 dS m⁻¹ en los estratos de 0-30, 30-60 y 60-90 cm de profundidad, respectivamente; el PSI para los estratos en el mismo orden, es de 6.71, 6.52 y 8.16. El manejo de la huerta es deficiente en algunos factores, ya que continuamente se ha cambiado de administración. El sistema de riego es de goteo, el cual se estableció hace seis años, el agua de riego es de pozo, de clase C3-S1, con una CE de 1.07 dS m⁻¹ y un RAS de 3.02, lo cual indica que es salina y con cierta cantidad de sodio.

Se tiene una densidad de 70 árboles por hectárea, mayores de 30 años, con poda mecánica en diferentes grados en las secciones de la huerta y variabilidad en cuanto a la estructura y densidad de ramas. Se seleccionaron los mejoradores químicos: ácido sulfúrico, yeso agrícola mineral con una pureza del 90.0%, tiosulfato de amonio, cada uno de ellos en tres dosis: baja, media y alta y el testigo sin aplicación, la cantidad se estimó en base al requerimiento para intercambiar el 20, 40 y 80% del sodio intercambiable, para el caso del yeso y ácido sulfúrico, y el 10, 20 y 40% para el tiosulfato de amonio, considerando el área de humedecimiento de los árboles en riego por goteo y el 30% de la superficie exterior del área debajo de la copa, en el

caso de los árboles de la huerta gravedad. La unidad experimental fue cada árbol y el bloque se formó por los 10 árboles de cada sección, constituyendo en experimento de 10 tratamientos en un diseño de bloques aleatorizados completos. se tomó una muestra se suelo por árbol, previa a la aplicación de tratamientos, a la profundidad de 0-30 y 30-60 cm, posteriormente se realizó un muestreo al final de dos ciclos de producción. , y otra después de los tratamientos, al final del ciclo, se determinó la CE, Na, Ca, Mg del extracto de saturación.

En todos los tratamientos se incrementó la CE y suma de cationes, a excepción de donde no se aplicó mejorador; es estadísticamente significativo el incremento en la CE por efecto del mejorador y el incremento en la dosis. La magnitud de reacción de los mejoradores en el orden de mayor a menor es: ácido sulfúrico, tiosulfato de amonio y yeso agrícola, ya que la concentración de Na, disminuye en ese orden para cada mejorador, al igual que el Na desplazado el cual se determina mediante el RAS, y disminuye en el mismo orden para cada uno de los mejoradores. En esta huerta con riego por goteo, al determinar la disminución del rendimiento por efecto de la salinidad y sodicidad, se obtuvieron como puntos críticos una conductividad eléctrica de 5.0 dSm^{-1} y un PSI de 8.6, como se muestran en las figuras 2 y 3, respectivamente.



Fifura 1. Efecto de la salinidad en el rendimiento de nogal

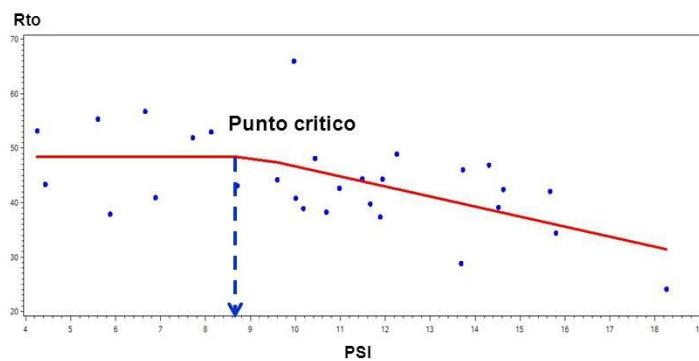


Figura 2. Efecto del sodio en el rendimiento de nogal

El mejorador se aplicó durante dos años, dividiendo la dosis anual en dos partes para evitar concentraciones muy altas de sales, el efecto en rendimiento fue de baja magnitud por año, no se obtuvo diferencia entre tratamientos durante los primeros dos años, se continuó dando seguimiento a los árboles en el tercer año sin aplicación de tratamientos, para evaluar el efecto acumulativo y en el tercer año, se obtuvo diferencia entre tratamientos, donde se observa que existe un mayor rendimiento en dosis intermedia de tiosulfato de amonio y altas de yeso y ácido sulfúrico, como se muestra en el Cuadro 1; también se observa que el rendimiento sin aplicar mejorador es superior a los tratamientos de dosis bajas e intermedias de yeso, dosis baja de ácido sulfúrico y a la dosis alta de tiosulfato de amonio el cual genera una concentración de iones alta por su solubilidad y disolución de las sales de carbonatos de sodio.

Cuadro 1. Efecto de mejoradores sobre el rendimiento de nogal.

Tratamiento	Rendimiento Por árbol kg	Agrupación
Tiosulfato de A 1400 l	50110	A
Ácido Sulfúrico 2240 l	48197	A
Yeso Agrícola 8400 kg	48157	A
Tiosulfato de A 700 l	46513	AB
Ácido Sulfúrico 1120 l	44423	ABC
Testigo	43170	ABC
Ácido Sulfúrico 560 l	43163	ABC
Yeso Agrícola 4200 kg	38560	BC
Tiosulfato de A 2800 l	38007	C
Yeso Agrícola 2100 kg	36380	C

Literatura citada

- Ayers, R. S., and D. W. Westcot. 1996. Water quality for agriculture. Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nations. FAO Irrigation and Drainage Paper 29.
- Brison, F. R. 1976. Cultivo de Nogal Pecanero. Traducido por Federico Garza Flores, Comisión Nacional de Fruticultura, SAG. México. 350 p.
- Gibbs, R. J. 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. Science 170: 1088-1093.
- Guler, C., G.D. Thyne, J. E. Mc Cray and A. K. Turner. 2002. Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data. Hydrogeology Journal. 10:455-474.
- Maas, E. V. 1986. Salt tolerance of plants. Applied Agricultural Research. 1:12-15.

- Miyamoto, S., G. R. Gobran, and K. Piela. 1985. Salt Effects on Seedling Growth and Ion Uptake of Tree Pecan Rootstock Cultivars. *Agronomy Journal* 77:383-388.
- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*. 25:239-250.
- Munns R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651-681.
- Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. p. 417-435. In D. L. Sparks et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. SSSA Book Ser. No. 5. SSSA nad ASA, Madison, WI. USA.
- Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*. 57(5): 1017-1023.
- Rengasamy, P. 2010. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*. 37:613-620.
- Sumner, M. E. and W. P. Miller. 1996. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. 1201-1230. In D. L. Sparks et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. SSSA Book Ser. No. 5. SSSA nad ASA, Madison, WI. USA.
- Richards, L. A. 1974. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Edit. Limusa. México.
- Yuan, F. and S. Miyamoto. 2005. Dominant processes controlling water chemistry of the Pecos River in American Southwest. *Geophysical Research Letters*. 32: L17406.

ASPECTOS NUTRICIONALES RELACIONADOS A ESTRÉS ABIOTICO EN NOGAL PECANERO

Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios^{1*}; Javier Abadía Bayona², Leonardo Lombardini³,
Anunciación Abadía², Saúl Vázquez² y Jaime Martínez¹

¹Maestra(o) – Investigador(a). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Chihuahua. Escorza 900 Col. Centro. C. P. 31000. Chihuahua, Chihuahua. México. Apartado Postal 24.

*Autora responsable: dojeda@uach.mx

²Investigador (a). Estación Experimental del Aula Dei. CSIC. Zaragoza. España.

³Investigador. Departamento de Horticultura. Texas A&M. USA.

Introducción

Las plantas son frecuentemente sometidas a diferentes tipos de estrés ocasionados por condiciones externas adversas que afectan su crecimiento y desarrollo; estos pueden ser de dos tipos: biótico causados por un organismo vivo o abióticos relacionados a condiciones desfavorables en el medio físico o químico. Estas condiciones externas disparan una amplia gama de respuestas en la planta, desde alteraciones en la expresión genética y metabolismo celular o cambios en tasa de crecimiento y rendimiento de los cultivos. La tolerancia o sensibilidad al estrés depende de la especie, del genotipo y de la etapa de desarrollo de la planta. Desde esta perspectiva la deficiencia de zinc (Zn) es uno de los desórdenes nutricionales que más atención ha recibido en los programas de manejo e investigación en el cultivo de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] (Walworth *et al.*, 2006; Ojeda-Barrios *et al.*, 2012).

Las plantas que crecen bajo deficiencia de Zn muestran cambios bioquímicos y fisiológicos, así como diferencias morfológicas y estructurales (Núñez *et al.*, 2009) estos cambios incluyen el ajuste de los procesos de homeostasis de Zn y una reorganización del metabolismo de los carbohidratos (Cakmak *et al.*, 1996; Sagardoy *et al.*, 2008). La deficiencia de Zn puede inhibir el crecimiento mediante la reducción del contenido disponible de este nutriente en la planta, que afecta directamente el metabolismo a través de alterar el equilibrio de otros nutrientes en las plantas, tales como fierro (Fe), fósforo (P) y cobre (Cu) (Kimber y Pai, 2000). El Zn cataliza la síntesis de la serina, la cual es precursora del aminoácido triptófano, que en la hoja es convertido en ácido indolacético, dicha auxina es responsable del crecimiento del brote y de la hoja, por lo que es normal que ambos disminuyan su tamaño cuando el Zn llega a ser deficiente en la planta, ocasionando que el crecimiento terminal se detenga, además de forzar a las yemas laterales a crecer débilmente (Medina, 2004).

Hojas pequeñas con bordes ondulados son síntoma de una deficiencia moderada la cual produce clorosis internerval fácil de observar, lo que se ha relacionado con un papel estabilizador del Zn sobre la molécula de clorofila (Wood, 2007). La comprensión de los efectos de la deficiencia de Zn en el nogal, nos permite el uso eficiente de fertilizantes foliares que ayudan a suministrar micronutrientes a la planta. El objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios morfológicos y nutricionales en foliolos de nogal pecanero afectados por la deficiencia de Zn, así como la distribución de Zn en hojas, con el fin de reunir información básica que pueda ser utilizada en estrategias de corrección de este nutriente en huertas de nogal pecanero.

Materiales y métodos

Las hojas se recolectaron en arboles de nogal pecanero de la variedad 'Western Schley' injertados sobre patrón criollo (nativo) en un suelo calcáreo (latitud 28 ° 33 'N, longitud 104 ° 39' W), cerca de Aldama, Chihuahua, México. Los árboles cuentan con 10 años de edad y se

plantaron en marco real a 12 × 12 m. El suelo es de textura franco arenosa, clasificado como un Xerosol cálcico (FAO, 1990), con 30% de CaCO₃, 12,8 % activo CaCO₃, el contenido de materia orgánica es de 1,1%, 0,44 mg kg⁻¹-DTPA Zn extraíble, y un pH de 7,25 en agua. Estas características del suelo son típicas del norte de México, y son representativas de una gran parte de las huertas de nogal en la región. Se tiene conocimiento que los nogales de este predio sufren deficiencia de Zn, a juzgar no sólo por las bajas concentraciones de Zn en hoja, sino también por las respuestas positivas a tratamientos de Zn aplicados foliarmente (Favela *et al.*, 2000; Ojeda-Barrios *et al.*, 2009). En los primeros 8 años posteriores al establecimiento del cultivo (1999 - 2006), no se aplicaron tratamientos de Zn en el huerto. En 2007, 2008 y 2009, algunos árboles (controles Zn-suficientes) se asperjaron con Zn como Zn-DTPA (100 mg Zn L⁻¹, pH 6,5, utilizando como agente tensioactivo 14 mg L⁻¹ de Tween 20; se aplicaron 20 L por árbol y se realizaron cuatro aplicaciones por temporada), mientras que otros árboles no recibieron Zn. Con el fin de confirmar la aparición de la deficiencia de este nutriente, en julio del 2008 se recogieron folíolos de 20 árboles que presentaban síntomas de deficiencia, y con una concentración media de 7,7 mg·kg⁻¹ Zn, que se considera típico de la deficiencia de Zn en nogal (Medina, 2004). El resto de los árboles en la huerta presentaban niveles adecuados de nutrientes. Los árboles fueron regados por inundación cada 20 días a partir de abril a octubre, con un total de 1, 500 mm de agua que se aplica durante la temporada de crecimiento. Las plagas y enfermedades fueron controladas de acuerdo con las recomendaciones estándar (NMSU, 2009).

Material vegetal

En febrero de 2009, la circunferencia del tronco fue evaluada a 20 cm por encima del nivel del suelo y se utilizó para estimar el área de la sección transversal del tronco (AST). Fueron muestreados árboles con tres diferentes niveles de Zn: Control (árboles tratados con Zn; Zn suficiente), deficiencia moderada de Zn (árboles no tratados con síntomas de clorosis foliares) y marcadamente deficientes en Zn (árboles no tratados con síntomas de necrosis de las hojas). En cada clase de nivel Zn, se utilizaron seis árboles: 40 foliolos (20 hojas cada uno) se tomó una muestra foliar de cada árbol el 17 de junio de 2009 del crecimiento del año en curso (a mediados de la copa del árbol y en los cuatro puntos cardinales para colectar foliolos expuestos a la luz y a la sombra).

Los foliolos se lavaron cuidadosamente en un detergente 0,1% (Mistol, Henkel, Barcelona, España) y se realizó una solución de enjuagado a fondo, primero con agua corriente y luego con agua destilada, posteriormente se secaron en estufa a 55 °C hasta un peso constante, y se almacena en envases herméticos hasta su análisis. Las muestras (500 mg PS) se calcinan a 500 °C y se disuelven en HNO₃ y HCl siguiendo el procedimiento dado por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, Washington, DC. El análisis se llevó a cabo como se ha descrito anteriormente: Calcio (después de la adición), Mg, Fe, Mn, Cu y Zn fueron determinados mediante FAAS, K mediante FES, y P mediante se determinaron mediante espectrofotometría por el método molibdato–vanadato (Igartua *et al.*, 2000). El nitrógeno se determinó con un Analizador de Nitrógeno NA2100 (Thermo-Quest, Milán, Italia). El índice de área foliar y el contenido de clorofila mediante SPAD se determinó en 40 foliolos; las unidades SPAD fueron medidas en la parte media de cada foliolos mediante la comparación de la diferencia de densidad óptica a dos longitudes de onda (650 y 940 nm) utilizando un SPAD 502 (Konica Minolta Sensing America Inc., Ramsey, Nueva Jersey, EE.UU.).

Los mismos foliolos fueron medidos con un escáner plano y la imagen digital se utilizó para calcular la superficie media de la hoja con el software de procesamiento de imágenes (Scion Image, Scion Corporation, Frederick, MD, EE.UU.).

Microscopía de luz

Fueron tomadas muestras representativas (25 mm^2) se tomaron de la región media de las hojas adyacentes a las venas principales, se introdujeron en una solución agar 5%, y se cortaron en secciones gruesas de 50-m usando una cuchilla de micrótomo de vibración (VT1000 S; Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemania). Las imágenes de campo (2592×1994 píxeles) fueron tomadas con un microscopio invertido (DM IL LED, Leica) equipado con una cámara CCD (DFC 240C; Leica). El espesor de las diferentes capas de la hoja (epidermis adaxial, parénquima de empalizada, parénquima esponjoso, y la epidermis abaxial) se midió manualmente con el software de análisis de imágenes (Photoshop CS3; Adobe, San José, CA, EE.UU.), utilizando imágenes similares a las mostradas en la figura 1. Los datos presentados son medias \pm SE de seis imágenes.

Microscopía electrónica de barrido

Se observaron las superficies de las hojas secadas al aire mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido (S-3400 N, Hitachi High-Technologies Europe GmbH, Krefeld, Alemania); con el uso de electrones secundarios y retrodispersados. Las imágenes de los electrones secundarios (1.280×960 píxeles). Fueron obtenidas en 15 kV, con una corriente de 6,9 a 7,5 nA. La densidad estomática fue calculada a partir de imágenes de microscopía electrónica de barrido mediante la medición del número de estomas por unidad de superficie de la hoja. Los datos obtenidos de la densidad de estomas son medias \pm SE de ocho imágenes. El tamaño de los poros fue medido manualmente con el software Adobe Photoshop CS3 y los datos obtenidos son medias \pm SE de las mismas ocho imágenes utilizadas en las mediciones de la densidad de estomas (cinco estomas por imagen).

Baja temperatura de microscopía electrónica de barrido

Las secciones de hojas de nogal fueron montados en portaobjetos de aluminio con adhesivo (Gurr, control de la temperatura óptima de corte; BDH, Poole, Reino Unido), crio-fijados en nitrógeno acuoso (-196 ° C), los cuales fueron crio-transferidos a una cámara de vacío a - 180 ° C, después fueron fracturados utilizando una punta de acero inoxidable. Una vez en el interior del microscopio, las muestras se sometieron a enjuague químico superficial al vacío (-90 °C, 120 s, 2 kV), y luego se cubrieron con oro para la observación y microanálisis. Se observaron las muestras fracturadas a baja temperatura con una cámara digital de microscopio electrónico de barrido (Zeiss DSM 960, Oberkochen, Alemania) con electrones secundarios y retrodispersados. Las imágenes de electrones secundarios (1.024×960 píxeles) se obtuvieron a 133 eV funcionando en un ángulo de 35 °, con un voltaje de aceleración de 15 kV, con una distancia de trabajo de 25 mm y un modelo de 1 ejemplar - 5 nA.

Ubicación del zinc en folíolos de nogal

Las secciones de foliolos se colocaron en portaobjetos en un microscopio como se describe anteriormente, fueron inmersos en una solución que contiene 5 a 20 mol·L⁻¹ de la fluoróforo Zinpyr-1, y se incubaron a temperatura ambiente en la oscuridad durante 30 min. (Sinclair *et al.*, 2007). Las muestras fueron lavadas en agua ultra-pura tres veces, y las imágenes (2592×1994 píxeles) fueron tomadas con un microscopio invertido (DM IL LED; Leica) con una fuente fluorescente y equipado con una cámara CCD (Leica DFC 240C), usando una longitud de onda de excitación de 488 nm (GPF Leica cubo de filtro). Las imágenes de relación se calcularon teniendo en cuenta las imágenes tomadas antes (control negativo) y después de incubación (control positivo) con el fluoróforo Zn, utilizando el procesamiento de la imagen ImageJ y software de análisis de la línea de imágenes de células Wright (<http://www.uhnresearch.ca/installaciones/FICA>).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA), seguido de una comparación múltiple de medias mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$), con el software SPSS 15.0 (SPSS, Chicago, IL, EE.UU.).

Resultados y discusión

Concentraciones de nutrientes en las hojas de nogal con síntomas de clorosis y necrosis

La huerta elegida para este trabajo presenta condiciones de suelo calcáreo y los árboles no están fertilizados con Zn, bajo estas condiciones los folíolos de nogal presentan síntomas visuales que van de clorosis moderada a necrosis foliar, así como la disminución de crecimiento de los brotes. Las hojas de los árboles tratados con Zn presentaban coloración verde y el crecimiento de los brotes fue adecuado. Estos síntomas estaban relacionados con la concentración de Zn, en hojas con niveles suficientes de Zn y aquellos que muestran clorosis moderada y síntomas de necrosis que presentan concentraciones de Zn de 44, 11 y 9 mg·g⁻¹ PS, respectivamente. Por lo tanto, las hojas con síntomas de clorosis y necrosis corresponden a una deficiencia moderada y grave de Zn. Aunque varios autores mencionan que no se han observado diferencias en el desarrollo del crecimiento de la nuez dentro de la gama de concentración foliar de Zn de 20-60 mg·g⁻¹ PS (Obarr *et al.*, 1978; Sparks, 1994; Storey *et al.*, 1971; Worley *et al.*, 1972). Varios estudios indican que el rango de suficiencia de las hojas es de aproximadamente 50 a 100 mg·g⁻¹ de Zn PS (Medina, 2004; Beverly and Worley, 1992; Benton *et al.*, 1991).

En nogales de alto rendimiento se han reportado niveles de Zn en hojas de 126 y 174 mg·g⁻¹ PS en Georgia y Arizona, respectivamente (Beverly y Worley, 1992; Pond *et al.*, 2006), mientras que en plantaciones de nogal en México se han reportado concentraciones de Zn de 65 mg·g⁻¹ PS (Medina, 2004). En el presente estudio, las concentraciones foliares de Zn de los árboles tratados, presentaron niveles de Zn-suficientes aunque estuvieron cerca del umbral de deficiencia de Zn (44 frente a 48 mg·g⁻¹ PS), mientras que los árboles con deficiencia de Zn tenían menos del 25%, muy por debajo del rango normal de concentración de Zn (50 - 100 mg·g⁻¹ PS) y el umbral de deficiencia de Zn (48 mg·g⁻¹ PS). Por otra parte, la deficiencia de Zn aumentó significativamente las concentraciones de hoja de K y Ca, y se observó la disminución de las concentraciones de Fe, Mn y Cu, en comparación con los controles de Zn-suficientes, aunque las concentraciones de nutrientes encontrados fueron en general dentro de los rangos de suficiencia.

Pocos son los estudios que incluyeron el efecto de la deficiencia de Zn en las concentraciones de hoja, se tiene conocimiento de que en plántulas de nogal cultivados en hidroponía en deficiencia de Zn se incrementaron las concentraciones de Fe, Mn, Cu y P, mientras que las concentraciones de K y N decrecieron (Kim *et al.*, 2002). Las diferencias entre las plantas cultivadas en soluciones nutritivas y condiciones de campo en la concentración mineral de la hoja entre las plantas cultivadas se deben probablemente a la disponibilidad de nutrientes en ambos sistemas de crecimiento. La deficiencia de Zn provoca una disminución en el área foliar y en el espesor del folíolo.

Cambios en los parámetros de crecimiento de árboles de nogal de acuerdo a la concentración de Zn

Como se indicó anteriormente, los síntomas de deficiencia de Zn van desde clorosis de hoja (deficiencia leve) a necrosis foliar (deficiencia severa). Dentro de cada árbol, las características de las hojas fueron bastante homogéneas. Los síntomas se produjeron en las hojas jóvenes, de acuerdo con la opinión de que el Zn es un metal relativamente inmóvil en las plantas (Malstrom

and Fenn, 1981; Núñez-Moreno *et al.*, 2009). Tanto las hojas con moderada y marcada deficiencia de Zn mostraron niveles de clorofila con unidades SPAD más bajas que las que se encuentran en las hojas de control, una disminución de 38 y 43%, respectivamente. En otros trabajos donde evalúan la deficiencia de Zn en nogales cultivados en solución nutritiva, disminuye la conductancia estomática y la fotosíntesis neta (Hu and Sparks, 1991; Kim *et al.*, 2002).

El área foliar y AST se redujeron significativamente en ambos niveles de deficiencia de Zn: La superficie foliar disminuyó entre 24 y 64% de los árboles con hojas cloróticas y necróticas, respectivamente, mientras que AST disminuyó en un 27 y 57% en los mismos árboles evaluados, en comparación con los controles Zn-suficientes. Efectos similares se han reportado en árboles de nogal con deficiencia de Zn en parámetros de crecimiento (Fenn *et al.*, 1990; Sparks, 1994; Walworth and Pond, 2006) y en otras especies de árboles frutales como durazno (*Prunus persica*) (Arce *et al.*, 1992), manzana (*Malus domestica*) (Amir *et al.*, 2008) y mandarina (*Citrus reticulata*) (Bell *et al.*, 1997; Srivastava and Shyman, 2009). Las reducciones en los parámetros de crecimiento con deficiencia de Zn también se han reportado en especies anuales como *Phaseolus vulgaris* (Jolley and Brown, 1991) y *Triticum aestivum* (Cakmak *et al.*, 1996)

Cambios en la anatomía de la hoja del árbol de nogal con el estado nutricional de Zn

Las hojas con moderada y severa deficiencia de Zn eran más delgadas que los controles Zn-suficientes, con reducciones de 10 y 23% en el espesor total de la hoja, respectivamente (sólo el último fue estadísticamente significante a $P \leq 0,05$). El cambio principal fue la reducción en el espesor de la parénquima de empalizada, ya que se produjo en las hojas con deficiencia de Zn moderada (23% de reducción) y mostró una mayor reducción en los foliolos con deficiencia marcada en Zn-deficientes (39% reducción). Por otra parte, el espesor de la epidermis abaxial y el parénquima esponjoso disminuyó solo en hojas con el tratamiento Zn- deficiente, mientras que en la epidermis adaxial no hubo cambios con el tratamiento de Zn- deficiente. Estudios previos nos muestran que existe una disminución en el espesor del parénquima en empalizada y en el esponjoso, además de una marcada disminución de la epidermis abaxial y adaxial (Kim y Wetzstein, 2003; Grauke *et al.*, 2003).

Conclusiones

En los árboles de nogal cultivados en condiciones de deficiencia de Zn presentan concentraciones bajas de Zn foliar, clorofila y disminución del crecimiento. Los estudios microscópicos mostraron que la deficiencia de Zn tiene cambios estructurales en la hoja, especialmente en el caso del parénquima en empalizada, donde se observa un desarreglo en la estructura del tejido. Usando el fluoróforo Zinpyr¹, se encontró que el Zn es localizado en el parénquima en empalizada sólo en hojas de Zn-suficientes. En particular, el incremento en la densidad de estomas y tamaño de los poros estomáticos en las hojas con deficiencia de Zn puede ayudar a diseñar fertilizantes foliares eficientes y corregir la deficiencia de Zn en los huertos de nogal pecanero. Además, la técnica utilizada para la localización de Zn puede ser una herramienta útil para evaluar la absorción de fertilizantes foliares de Zn. Finalmente estos datos aportan información básica que puede ser utilizada en el diseño de las prácticas de fertilización foliar.

Literatura citada

- Amiri, M.; Fallahi, E. and Golchin, A. 2008. Influence of foliar and ground fertilization on yield, fruit quality, and soil, leaf, and fruit mineral nutrients in apple. *J Plant Nutr* 31:515–525.
Arce, J.P.; Storey, J.B. and Lyons, C.G. 1992. Effectiveness of three different zinc fertilizers and two methods of application for the control of “little leaf” in peach trees in south Texas. *Soil Sci Plant Anal* 23:1945–1962.

- Bell, P.F.; Vaugh, J.A. and Bourgeois, W.J. 1997. Leaf analysis finds high levels of chloride and low levels of zinc and manganese in Louisiana citrus. *J Plant Nutr* 20:733–743.
- Benton-Jones, J.; Wolf, B. and Mills, H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro- Macro Publishing, Inc., Athens, GA.
- Beverly, R.B. and Worley, R.E. 1992. Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan. *HortScience* 27:271.
- Cakmak, I.; Sary, N.; Marschner, H.; Kalayc, A.; Yilmaz, A. and Eker, S. 1996. Dry matter production and distribution of zinc in bread and durum wheat genotypes differing in zinc efficiency. *Plant Soil* 180:173–183.
- FAO/UNESCO/ISRIC. 1990. *Mapa Mundial de Suelos*. Translated by Carballas Macías, F.; Díaz-Ferro, F.; Carballas, M. and Fernández-Urrutia, J.A. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo
- Favela, C.H.; Cortes, F.J.; Alcantar, G.G.; Etchevers, B.J.; Baca, C.A. and Rodríguez, A.J. 2000. Aspersiones foliares de zinc en nogal pecanero en suelos alcalinos. *Revista Terra* 18:239–245.
- Fenn, L.B.; Malstrom, H.L.; Riley, T. and Horst, G.L. 1990. Acidification of calcareous soil improves zinc-absorption of pecan trees. *J Am Soc Hort Sci* 115:741–744 (1990).
- Grauke, L.J.; Wood, B.; Thompson, T.E. and Storey, J.B. 2003. Population of origin affects leaf structure and nutrient concentration of pecan seedlings. *HortScience* 38:663.
- Hu, H. and Sparks, D. 1991. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas exchange in ‘Stuart’ pecan. *HortScience* 26:267–268.
- Igartua, E.; Grasa, R.; Sanz, M.; Abadía, A. and Abadía, J. 2000. Prognosis of iron chlorosis from the mineral composition of flowers in peach. *J Hort Sci Biotechnol* 75:111–118.
- Jolley, V.D. and Brown, J.C. 1991. Factors in iron-stress response mechanism enhanced by Zn-deficiency stress in Sanilac, but not Saginaw navy bean. *J Plant Nutr* 14:257–265.
- Kim, T. and Wetzstein, H. 2003. Cytological and ultrastructural evaluations of zinc deficiency in leaves. *J Am Soc Hort Sci* 128:171–175.
- Kim, T.; Mills, H.A. and Wetzstein, H.Y. 2002. Studies on the effect of zinc supply on growth and nutrient uptake in pecan. *J Plant Nutr* 25:1987–2000.
- Kimber, M.S.; Pai, E.F. 2000. The active site architecture of *Pisum sativum* β -carbonic anhydrase is a mirror image of that of α -carbonic anhydrases. *EMBO Journal* 19(7): 1407–1418.
- Malstrom, H.L. and Fenn, L.B. 1981. Uptake of zinc from calcareous soils by pecan (*Carya illinoensis*) trees. *HortScience* 16:414–414.
- Medina, C. 2004. Normas DRIS preliminares para nogal pecanero. *Revista Terra* 22:445–450 (2004).
- New Mexico State University Cooperative Extension Service. 2009. *Pecan Orchards, NMSU Guide H653*.
- Núñez-Moreno, H.; Walworth, J.L.; Pond, A.P. and Kilby, M. 2009. Soil zinc fertilization of ‘Wichita’ pecan tree growing under alkaline soil conditions. *HortScience* 44:1736–1740.
- Obarr, R.D.; McBride, J.M. and Hanson, K. 1978. Pecan leaf sampling reveals shortages of fertilizer nutrients. *Louisiana Agricultural* 21:6–7(1978).
- Ojeda Barrios, D.; Abadía, J.; Lombardini, L.; Abadía, A.; Vázquez, S. 2012. Zinc deficiency in field-grown pecan trees: changes in leaf nutrient concentrations and structure. *Journal of food and Agriculture*. 92(8): 1672-1678.
- Ojeda-Barrios, D.L.; Hernández-Rodríguez, A.; Martínez-Téllez, J.; Núñez-Barrios, A. and Perea-Portillo, E. 2009. Aplicación foliar de quelatos de zinc en nogal pecanero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15:205–210.
- Pond, A.; Walworth, W.M.; Kilby, J.; Gibson, R.; Call, R. and Núñez, H. 2006. Leaf nutrient levels for pecans. *HortScience* 41:1339–1341.

- Sagardoy, R.; Morales, F.; Lopéz Millán, A.F.; Abadía, A.; Abadía, J. 2008. Effects of zinc toxicity on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants grown in hydroponics. *Plant Biology* 11(3): 339-350.
- Sinclair, S.A.; Sherson, S.M.; Jarvis, R.; Camakaris, J. and Cobbett, C.S. 2007. The use of the zinc-fluorophore, Zinpyr-1, in the study of zinc homeostasis in *Arabidopsis* roots. *New Phytol* 174:39–45.
- Sparks, D. 1994. Leaf zinc for maximum yield, growth in pecan. *Pecan South* 27:19–24.
- Storey, J.B.; Wadsworth, G.; Smith. M. and Westfall, D. 1971. Pecan zinc nutrition. *Proc S E Pecan Growers Assn* 64:87–91.
- Walworth, J.L. and Pond, A.P. 2006. Zinc nutrition of pecans growing in alkaline soils. *Pecan South* 39: 14–22.
- Walworth, J.L.; Pond, A.P.; Sower, G.J. and Kilby, M.W. 2006. Fall-applied foliar Zn for pecans. *HortScience* 41:275–276.
- Wood, B. 2007. Correction of zinc deficiency in pecan by soil banding. *HortScience* 42:1554–1558.
- Worley, R.E.; Harmon, S.A. and Carter, R.L. 1972. Correlation among growth, yield and nutritional factors for pecan (*Carya illinoensis* W cv. Stuart): Correlations with yield, quality, and terminal shoot growth. *J Am Soc Hort Sci* 97:511–514.

RESERVAS DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNAS EN RAÍCES Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL NOGAL

Gerardo Martínez Díaz¹, Humberto Núñez Moreno¹ y Rodolfo Sabori Palma¹

¹Campo Experimental Costa de Hermosillo. Carr. a Bahía de Kino Km. 12.6, Hermosillo, Son. México
germadiz@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo se realizó en cuatro huertos de nogal por un período de cinco años con el fin de determinar la relación existente entre la concentración de carbohidratos y proteína en las raíces de nogal en la fase de dormancia y la carga de fruta de la siguiente estación de crecimiento. Reservas de carbohidratos no estructurales en las raíces de 1 cm de diámetro durante la dormancia del árbol de nogal inferiores a 10% estuvieron relacionada con una menor carga de los árboles en la siguiente estación pero una mayor concentración tuvo efecto tanto en alta como en baja carga indicando que además de las reservas de carbohidratos hay otros factores limitantes que determinan el rendimiento del nogal pecanero. La concentración de proteína en la raíces no tuvo una relación con carga del ciclo siguiente.

Introducción

La alternancia o producción bianual está presente en muchos frutales tanto perennifolios como caducifolios y ha sido estudiado y revisado en muchas ocasiones (Sparks, 1975). El hecho de que la alternancia esté presente en frutales con características tan distantes como dormancia, momento de formación de flores, hábitos de floración, relaciones de amarre y abscisión, tiempo de desarrollo de frutos en comparación con los hábitos vegetativos indica que podría existir una teoría que unifique la alternancia en los frutales.

La alternancia se puede dar a nivel de una rama, un árbol, una huerta o incluso una región. En el caso del nogal pecanero, la alternancia es de hasta 83% la cual es considerada como alta. Desde el siglo XIX a este problema se le considera como el más importante en este cultivo (Sparks (1975).

En el nogal pecanero las flores masculinas forman en el verano anterior a la brotación mientras que las flores femeninas se forman en los brotes después de la brotación, lo cual es semejante a los frutales tropicales. El nogal es un frutal con alternancia en la producción lo que tiene consecuencias en la cantidad de reservas de carbohidratos que afectan la producción del año subsiguiente (Davis and Sparks, 1974). Adicionalmente, el nogal requiere de 160 días de la floración a la maduración de la nuez (Wolstenholme, 1971), similar a los frutales tropicales lo cual da como consecuencia que para el período de maduración a defoliación solo se tengan 40 días (Sparks, 1975). El momento de la defoliación es crucial donde una defoliación temprana tiene implicaciones en el almacenamiento de carbohidratos (Worley, 1979b) y en el rendimiento del año siguiente (Worley, 1979a). El requerimiento de una alta concentración de carbohidratos aumenta en este cultivo debido a que el fruto almacenan principalmente lípidos así como al corto período de tiempo que toma su desarrollo el cual es de alrededor de 40 días (80 días antes de la caída de las hojas) (Worley, 1979a).

La alternancia es muy severa si ocurre defoliación durante el desarrollo de los cotiledones de la nuez. De acuerdo a estudios con carbono marcado se ha encontrado que las nueces en desarrollo atraen una gran cantidad de carbohidratos para su llenado lo cual previene la acumulación suficiente de reservas para el siguiente año (Davis and Sparks, 1974).

La influencia de hormonas en el proceso de alternancia no se descarta pero se conoce que estas finalmente juegan un papel importante en la traslocación y acumulación de los carbohidratos (Worley, 1979b).

En contraste con la información anterior, que postula un papel crucial de las reservas de carbohidratos en la alternancia del nogal, estudios recientes cuestionan que estas jueguen un rol preponderante. En arboles con diferentes niveles de raleo de frutos se pudo constatar que hubo alternancia en los años en estudio pero no hubo diferencia en las concentraciones de carbohidratos en las raíces cuando estas se analizaron en el periodo de dormancia (Rohla *et al.*, 2007a). El mismo autor no encontró diferencias en las concentraciones de carbohidratos en dos variedades de nogal con alta tendencia a alternar y en dos variedades con baja tendencia a presentar alternancia (Rohla *et al.*, 2007b). Los mismos autores indican que la alternancia puede estar determinada por hormonas que inhiben la inducción floral o bien por la carencia de carbohidratos en un corto período de tiempo cuando ocurre el proceso de inducción. Las reservas de carbohidratos parecen ser mas importantes en la sobrevivencia de los árboles de nogal (Wood 2001b) y la habilidad para producir flores (Smith *et al.*, 1986), mas que en controlar la inducción en brotes individuales (Rohla *et al.*, 2005).

Los frutales perennes también almacenan nitrógeno en sus tejidos donde la arginina es uno de los aminoácidos que sirve de reserva. No obstante, la proteína es la forma general en que el nitrógeno se almacena en el invierno. Este experimento se llevó a cabo con el fin de cuantificar las reservas de carbohidratos y proteína en la raíces de nogal pecanero y establecer su relación con el rendimiento de fruta del año siguiente.

Materiales y métodos

Las evaluaciones se llevaron a cabo en la Costa de Hermosillo, en huertos localizados en los campos Santa Rita, Pénjamo, Perseverancia y Campo Experimental de la Costa de Hermosillo. La edad de las huertas fluctúa entre 28 y 34 años de edad. Algunas características de manejo se presentan en el cuadro 1. Los muestreos se realizaron los años 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011.

En los huertos Santa Rita y Perseverancia se consideraron 18 árboles en el muestreo, en Pénjamo nueve y en el Campo Experimental Costa de Hermosillo tres. En cada árbol se muestrearon dos secciones de raíces de 1 cm de diámetro y 10 cm de largo. El muestreo se realizó en el mes de enero, cuando los árboles estaban en dormancia. Se combinaron las raíces de tres árboles y de esta muestra se realizó el análisis de almidón utilizando cromatografía líquida de alta presión con la metodología modificada por Carvajal-Millan *et al.*, (2005). Para el caso de proteína se utilizó el método de Bradford.

En el mes de mayo, una vez que fue evidente la presencia de nueces en los brotes, se realizó una evaluación del porcentaje de brotes con racimo considerando 50 brotes por árbol en el campo Perseverancia. Al momento de la cosecha se realizaron evaluaciones de la cantidad de nueces producida por los árboles tomando en cuenta solo las nueces con ruezno despegado. Para ello el recuento de nueces se realizó en ocho sectores de 3.6 grados en cada árbol, donde cada sector representa un centésimo de un círculo bajo la copa de un árbol.

Se realizaron correlaciones entre el contenido de almidón en las raíces y porcentaje de brotes con nueces o total de nueces colectadas en los ocho sectores del árbol en tres de los huertos estudiados así como en el total de los cuatro huertos considerados en este estudio.

Resultados y discusión

La Figuras 1, 2 y 3 presentan que los coeficientes de correlación existentes entre el porcentaje de carbohidratos en las raíces durante la dormancia del nogal y la cantidad de nueces en los muestreos en ocho sectores de los árboles varío, siendo más alto en los huertos con riego por goteo (55 a 82%) que en huerto con riego rodado (13%). En el huerto con riego rodado pueden existir mayor cantidad de raíces por árbol que en los que se encuentran bajo riego por goteo, ya que la humedad del suelo se distribuye en mayor volumen de suelo; en cambio, bajo riego por goteo existe humedad en un volumen más definido del suelo (bulbo mojado) quedando las raíces más confinadas a ese volumen de suelo, tal como existe en el caso de la vid (Araujo *et al.*, 1995). Lo anterior puede tener implicaciones en las concentraciones de reservas ya que en un huerto con riego rodado la cantidad de carbohidratos almacenados en el invierno está en función de la cantidad de raíces y de la concentración en los tejidos, mientras que en los árboles con riego por goteo, al tener una cantidad más constante y definida de raíces, la cantidad de reservas estará en función de su concentración en los tejidos.

El análisis de almidón en los tres huertos indica que una alta concentración de almidón no necesariamente implica que habrá una alta carga de fruta en el ciclo siguiente, especialmente en los huertos donde el riego es rodado o donde el agua proviene de las precipitaciones; en cambio, en los huertos con riego rodado es más probable encontrar una relación entre esas variables.

Algunos autores han determinado que las reservas de carbohidratos juegan un papel mínimo en la alternancia del nogal pecanero (Smith *et al.*, 1986; Rohla *et al.*, 2007a; Rohla *et al.*, 2007b). Incluso indican que en caso de jugar algún papel este es posterior a la inducción floral o bien ocurre en un momento muy corto durante la inducción floral.

Al realizar un análisis global de los sitios donde se realizó esta investigación los resultados indican una baja relación entre la concentración de reservas de carbohidratos en las raíces y el rendimiento posterior. Sin embargo, en el análisis individual por huertos se encontró que los que se irrigan con sistema presurizado la relación es más consistente que en huertos que se irrigan por gravedad.

A pesar de las diferencias detectadas en las huertas, este estudio indica que si la concentración de reservas de carbohidratos en las raíces en el invierno es inferior al 10% entonces se tendrá una escasa cantidad de brotes fructíferos y una menor carga de fruta por árbol (Figuras 4 y 5). Una mayor concentración de almidón en las raíces puede indicar que habrá una mayor cantidad de brotes fructíferos y a la vez mayor producción aunque esto no necesariamente ocurrirá ya que pueden existir otros factores limitantes que provocan una menor inducción e iniciación floral. Como ya se ha indicado, la inducción floral puede ocurrir entre junio y agosto mientras que la iniciación y diferenciación floral en este frutal ocurre en marzo y abril en la Costa de Hermosillo, Sonora, México (Martínez, 2007).

En este estudio no se encontró una relación entre la concentración de proteína en las raíces y el rendimiento del nogal (Figura 6). Ningún estudio a la fecha ha indicado alguna relación por lo que conviene evaluar aminoácidos específicos como arginina.

Conclusiones

Concentraciones de reservas de carbohidratos no estructurales en las raíces de 1 cm de diámetro durante la dormancia del árbol de nogal, inferiores a 10% estuvieron relacionadas con una menor carga de frutos de los árboles en la estación siguiente. En contraste, concentraciones mayores al 10% mostraron tanto alta como baja carga de frutos, indicando

que además de las reservas de carbohidratos en las raíces hay otros factores limitantes que determinan la carga de fruta en nogal pecanero.

Literatura citada

- Araujo F., L.E. Williams, D.W. Grimes and M.A. Matthews. 1995. A comparative study of young "Thompson Seedless" grapevines under drip and furrow irrigation. I. Root and soil water distributions. *Sci. Hort.* 60:235-249.
- Carvajal-Millan, E., V Landillon, M.H. Morel, X. Rouau, J.L. Doublier, V. Card. 2005. Arabinoxylan hydrogels: impact of the feruloylation degree on their structure and properties. *Biomacromolecules* 6:309-317.
- Davis, J. and D. Sparks. 1974. Assimilation and translocation patterns of carbon-14 in the shoot of pecan trees, *Carya illinoensis* Koch. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:468-480.
- Martínez-Díaz, G. 2007. Fases críticas en el desarrollo de la nuez (desde la inducción hasta la cosecha). Memoria del Seminario de nogal pecanero 2007. Pp: 51-54.
- Rohla, Ch. M.W. Smith, and N.O. Maness. 2005. Effects of cluster size and shoot type and characteristics of pecan nuts. *HortScience* 40(5):1300-1303.
- Rohla, Ch., M.W. Smith , and N.O. Maness. 2007a. A Comparison of return bloom and nonstructural carbohydrates, nitrogen, and potassium concentrations in moderate and severe alternate-bearing pecan cultivars. *J. Amer. Soc. Hort .Sci.* 132(2):172-177.
- Rohla, Ch., M. W. Smith , and N.O. Maness. 2007b. Influence of cluster thinning on return bloom, nut quality, and concentrations of potassium, nitrogen, and non-structural carbohydrates. *J. Amer. Soc. Hort .Sci.* 132(2):158-165.
- Smith, M.W.. R.W. McNew, P.L. Ager, and B.C. Cotton. 1986. Seasonal changes in the carbohydrate concentration in pecan shoots and their relationship to flowering. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:558-561.
- Sparks, D. 1975. Alternate fruit bearing-A review). *Pecan South* 2(2):44-65.
- Wolstenholme, B.N. 1971. Development of the pecan nut-some implications for orchard management. *Citrus growers and Subtr. Fruit J.* (Nov.) 7-10.
- Wood, B.W. 2001b. Atypical symptoms of cold damage to pecan. *HortScience*.36:298-301.
- Worley, R. E. 1979b. Fall defoliation date and seasonal carbohydrate concentration of pecan wood tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:195-199.

Cuadro 1. Características de los huertos donde se realizaron las evaluaciones de raíces, brotes y frutos.

Característica	Huerto		
	Santa Rita	Pénjamo	Fumicos
Densidad (arboles/ha)	100	75	75
Riego	Rodado	Goteo	Goteo
Poda	Manual	Manual	Mecánica
Rastreo	Si	Si	No

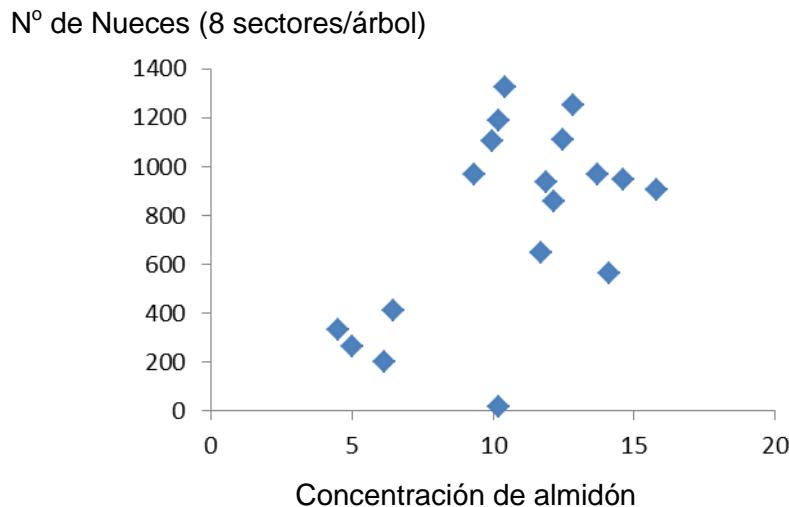


Figura 1. Concentración de almidón en raíces de nogal pecanero en dormancia y en producción en la estación de crecimiento del siguiente año en un huerto con riego por goteo (Correlación de 55%).

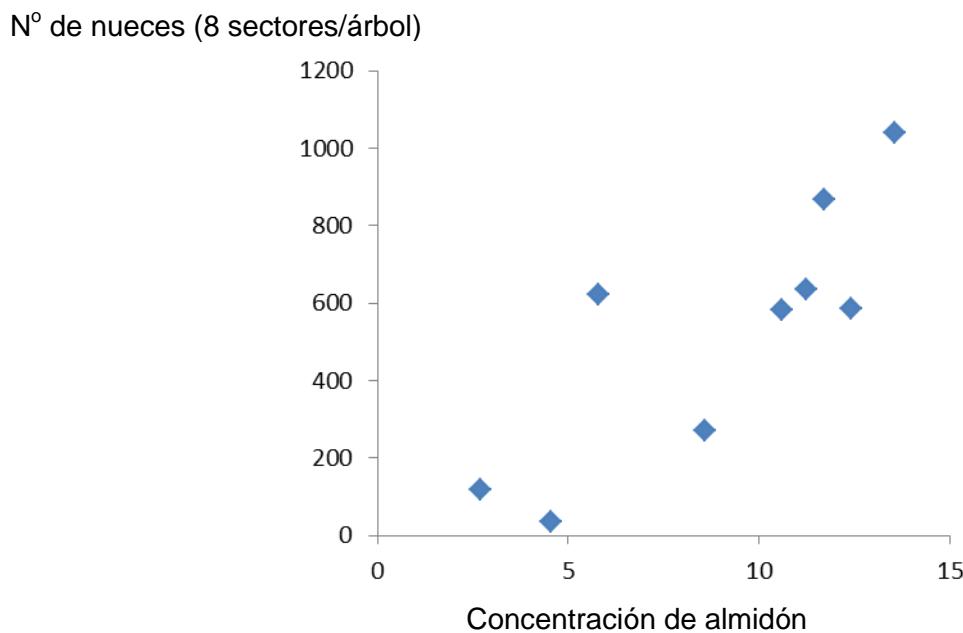


Figura 2. Concentración de almidón en raíces de nogal pecanero en dormancia y producción en la estación de crecimiento siguiente en un segundo huerto por riego goteo (Correlación de 82%).

Nº de nueces (8 sectores/árbol)

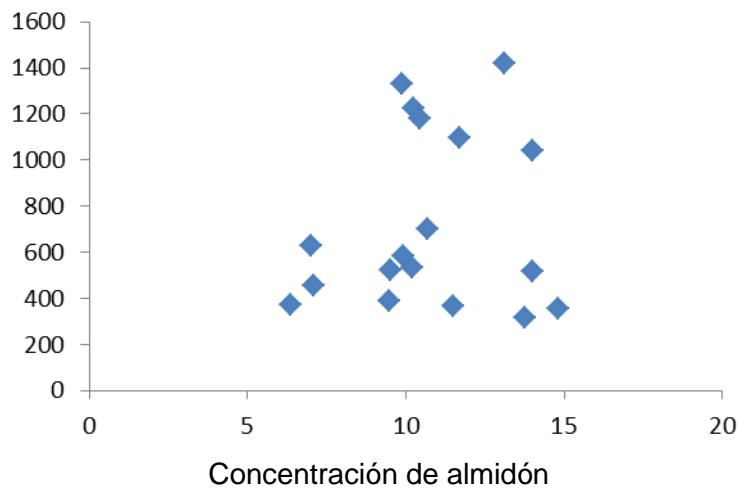


Figura 3. Concentración de almidón en raíces de nogal pecanero en dormancia y producción en la estación de crecimiento siguiente en un huerto con riego rodado (Correlación de 13%).

Brotes con nuez (%)

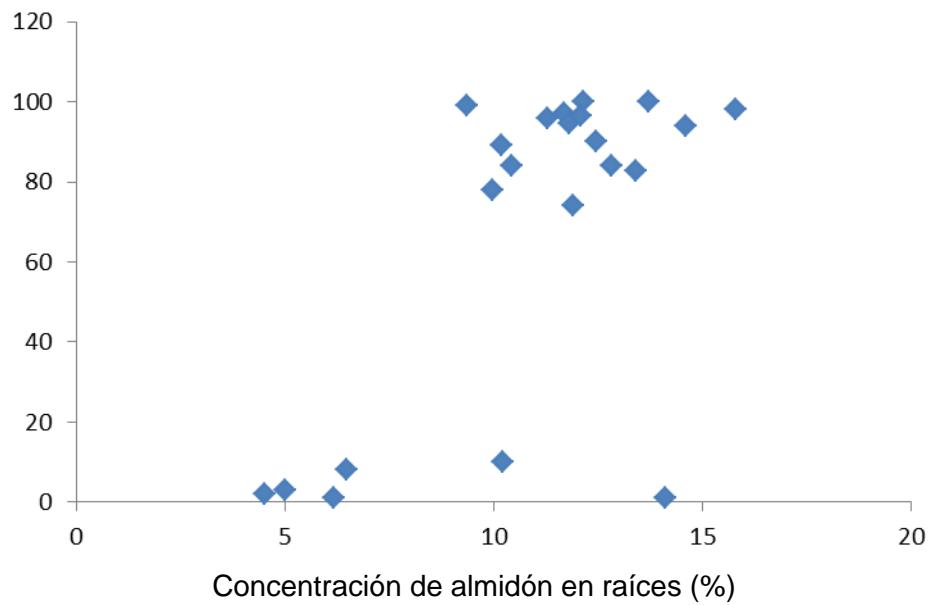


Figura 4. Concentración de almidón en raíces de nogal en dormancia y porcentaje de brotes con nueces en la siguiente estación de crecimiento en un huerto con riego por goteo. Datos de cuatro años de observación.

Número de nueces por árbol

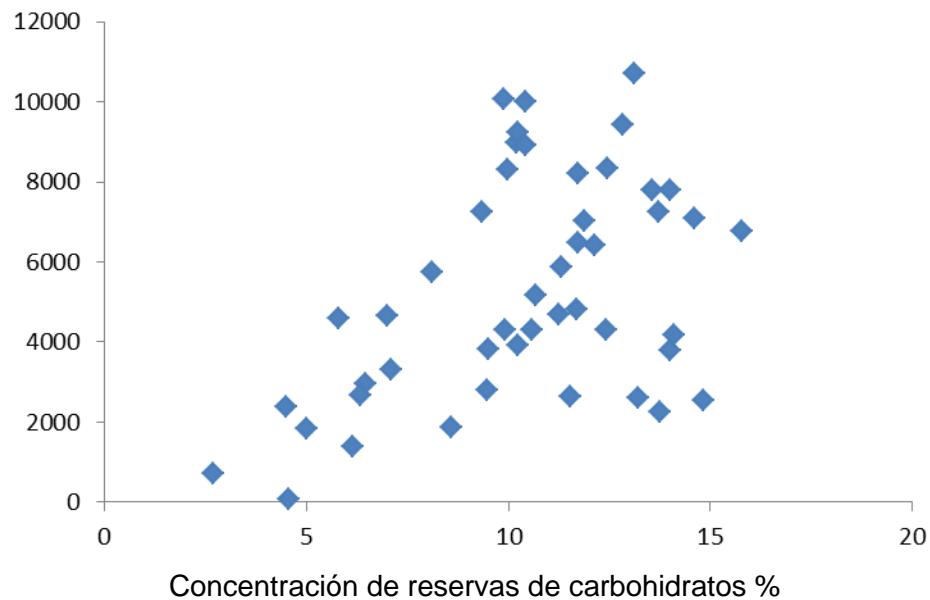


Figura 5. Relación entre la concentración de carbohidratos en raíces durante la dormancia del nogal y el número de nueces con ruezno suelto por árbol en la primavera siguiente. Los datos provienen de cuatro campos en observación durante tres años.

Número de nueces por árbol

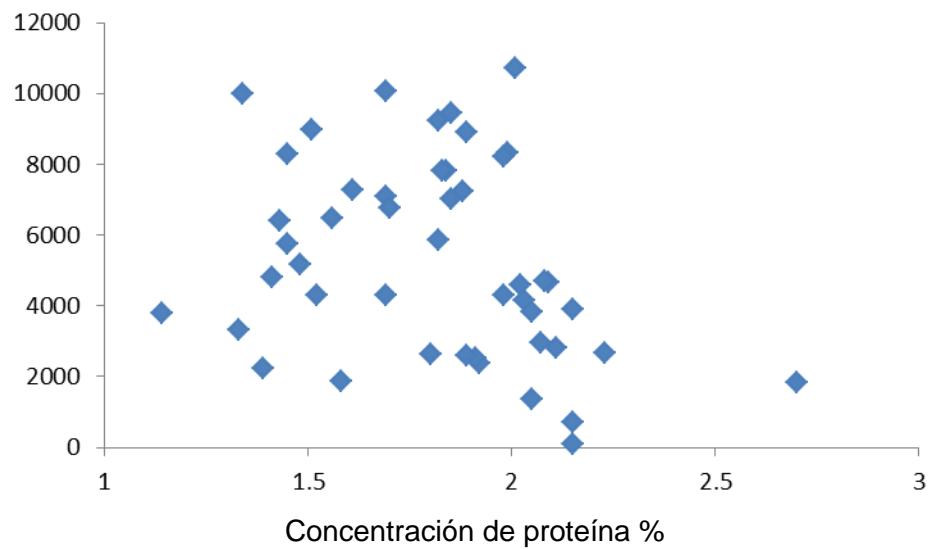


Figura 6. Relación entre la concentración de proteína en raíces durante la dormancia del nogal y el número de nueces con ruezno suelto por árbol en la primavera siguiente. Los datos provienen de cuatro campos en observación durante tres años.

CONSIDERACIONES TECNICAS EN EL MANEJO DEL AGUA EN HUERTAS DE NOGAL CON RIEGO POR GOTEO EN LA COSTA DE HERMOSILLO.

Benjamín Valdez Gascón¹, Fernando Vieira de Figueiredo¹, José E. Ortiz Enríquez¹, Daniel Velázquez V.² y Beatriz Zárate Rodríguez,¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Carr. a Bahía de Kino Km 12.6.Hermosillo, Sonora. ² Asesor técnico particular.

bvaldezg@hotmail.com

Introducción

Durante décadas la irrigación de las huertas de nogal en la Costa de Hermosillo se efectuó mediante métodos convencionales de inundación por melgas, con eficiencias de riego del orden del 50%. No fue sino hasta hace poco más de una década que se inicia con las modalidades de riego presurizado de microaspersión y goteo la aplicación del agua a las huertas y en la actualidad se irriga casi en su totalidad con sistemas de riego por goteo enterrado. Este sistema utiliza mangueras con goteros integrados, en su mayoría del tipo auto compensado, con gastos que van de 1.6 a 2.5 lph. Las mangueras son colocadas en número de 2 a 6, por hileras de árboles y son enterradas entre 35 y 40 cm de profundidad. Los sistemas de riego fueron diseñados para poder aplicar láminas máximas de riego de hasta 10 mm o más por día. Bajo esta premisa es fácil con un manejo inadecuado aplicar altos volúmenes de agua a las huertas, resultando ineficiente el uso del sistema de riego y reducidas las bondades por las cuales fue instalado.

Varias consideraciones técnicas deben ser tomadas en cuenta para lograr un manejo eficiente del agua, con el uso de sistemas de riego por goteo enterrado citándose como más importantes: tipo de suelo, calidad del agua, clima, demanda del cultivo, y características del sistema. Si bien es cierto estas consideraciones deben ser hechas antes de la instalación del sistema, normalmente no ocurre así, debiéndose adecuar la programación y aplicación del riego de la mejor manera a las condiciones existentes.

Tipo de suelo. Las huertas de nogal pueden soportar una amplia variedad de suelos, desde texturas franco-arenoso, hasta franco-arcilloso; sin embargo, los mejores suelos son los de textura media o francos. Estos suelos contienen idealmente 40% de arena, 40% de limo y 20% de arcilla (Brison, 1974). Los suelos de la costa de Hermosillo son predominantemente de textura media, presentando en general buen drenaje interno (SARH, 1994).

El punto más crítico en el manejo del suelo es el ensalitramiento, que se da por la acumulación de sales solubles, sodio intercambiable y otros elementos, que al alcanzar ciertas concentraciones afectan el desarrollo de las plantas. Los suelos son considerados normales cuando las sales disueltas en la solución del suelo y el sodio adsorbido por el complejo de intercambio se encuentran por debajo de los límites perjudiciales, que son $CE < 2 \text{ mmhos/cm}$ y $PSI < 7\%$ (Aceves y Pizarro, citados por Díaz, 1998). Este autor clasifica los suelos del DR 051, Costa de Hermosillo como ligeramente salinos a extremadamente salinos en un 55% y el 45% restante como no salino. En cuanto a sodicidad, el 57% de la superficie va de ligeramente sódica a sódica y el 43 % no tiene restricciones para el nogal.

Con el conocimiento de que el nogal es sensible a la salinidad ya que el crecimiento del árbol disminuye a una tasa de 12% por cada unidad que se incremente la CE del suelo a partir de un valor límite de tolerancia de 2.5 mmhos/cm (Miyamoto, et.al. 1986); con el fin de evitar rebasar

este límite, se sugiere la aplicación de láminas extra de lavado, las cuales van del 10 al 20 % más de agua cuando las aguas de riego tienen valores de 1.0 a 2.0 mmhos/cm.

Calidad del agua. En el manejo de los sistemas de riego por goteo y en el acondicionamiento de los suelos para alta producción de las huertas de nogal, la calidad del agua para riego es sumamente importante. La calidad varía según el tipo y la cantidad de sales disueltas, a medida que el contenido aumenta, los problemas de suelo y cultivo se incrementan. Entre más alta la concentración de sales disueltas, más grande la presión osmótica de la solución, dificultando a la planta la absorción del agua, aún estando el suelo perfectamente mojado (NMSU, 2001).

En el caso de los sistemas de riego, el suministro de pequeños volúmenes de agua por orificios de escaso tamaño con baja presión de operación, predispone a la obstrucción de los emisores. Sin embargo el factor principal se encuentra asociado con la calidad del agua de riego, es así como entre los principales problemas se están: aguas con abundante carga de partículas en suspensión, composición química, del mismo modo la utilización de aguas salinas induce el taponamiento de emisores, debido a que al evaporarse el agua que queda en los goteros después de cada riego, la concentración de las sales disueltas aumenta, adhiriéndose a las paredes de los orificios de salida de agua ocasionando su obturación (Rojas y Leris, 2001).

Los taponamientos en los sistemas de riego pueden prevenirse conociendo el tipo de partículas minerales en suspensión, aplicándose ácidos y otros productos químicos que eviten la precipitación. Las obstrucciones del tipo biológico y químico que se generan en el interior de la red hidráulica, son más difíciles de solucionar y resulta más provechoso su control antes de su ocurrencia.

En condiciones específicas de aguas duras, estancadas, o contaminadas con residuos orgánicos, se requerirá de la determinación de otros compuestos como son: materiales en suspensión (ppm), bacterias por cm³, además de los compuestos químicos como: fierro, azufre, calcio, magnesio y manganeso. Lo anterior con el fin de definir los tratamientos preventivos para evitar los taponamientos de los emisores.

Los parámetros requeridos comúnmente para determinar la calidad del agua de riego son: conductividad eléctrica (CE), relación de adsorción de sodio (RAS), concentración de bicarbonatos (HCO_3), el cual es expresado como carbonato de sodio residual (CSR), pH, total de sales solubles (TDS), contenido de sodio (Na).

En general las huertas de nogal que son irrigadas con agua con valor de CE entre 1.0 y 2.0 mmhos/cm, no tienen problemas con salinidad, siempre y cuando el suelo tenga buen drenaje para eliminar las pequeñas cantidades de sales que se aportan en cada riego. El RAS por debajo de 10 representa un agua útil para riego, sin embargo, valores por debajo de 5 son preferidos.

Con el fin de determinar el riesgo de salinidad de los pozos del Distrito de Riego 051, de la Costa de Hermosillo, Cuevas (1997), realizó un estudio caracterizando químicamente 504 pozos, con el criterio de clasificación de Ayers y Westcot (1987), donde cita valores de 0.75 a 3.0 dS m⁻¹ para riesgos crecientes de salinidad, obteniéndose que el 52% no presentan problemas en cuanto a salinidad, el 38% presentan problemas crecientes de salinidad y el 10% tienen problemas fuertes. Los pozos con mayores problemas de salinidad se encuentran localizados cerca de la costa del Golfo de California, con profundidades de 240 a 300 m de profundidad, existiendo intrusión salina del agua de mar.

Clima. Los datos climáticos tales como: radiación solar neta, temperatura, humedad y velocidad del viento, son comúnmente usados para calcular la evapotranspiración de un cultivo de referencia (ET₀). Esta corresponde a una cubierta de zacate adecuadamente regada, donde la humedad del suelo no es un factor limitante (Hanson, et.al., 2004). La evapotranspiración es un término que consiste de dos componentes: transpiración y evaporación. La transpiración es la pérdida del agua de las hojas de las plantas. La evaporación es la perdida de agua de la superficie del suelo. Debido a la dificultad para medir los dos componentes en forma separada, estos son combinados en un solo término. La evapotranspiración de un cultivo en particular (ET_c) puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad \dots \dots \text{ (Formula 1)}$$

Donde:

ET_c = evapotranspiración del cultivo

K_c = coeficiente de cultivo

ET₀ = evapotranspiración del cultivo de referencia

Los coeficientes de cultivo relacionan la evapotranspiración del cultivo a la evapotranspiración del cultivo de referencia.

El manejo de la ET₀, cada día es más común en diferentes regiones del mundo, para conocer las demandas de los cultivos en forma indirecta a través de estaciones agro meteorológicas automatizadas. Si la información de ET₀ está disponible y se conoce los valores de K_c apropiados, se puede estimar diariamente las ET_c sobre una base de tiempo real. En California, EUA, con fines de programación de riegos y diseño de sistemas, se establecieron 13 zonas importantes de ET₀ por medio de 100 estaciones agro meteorológicas. En un año típico la ET₀ anual varío de 100 cm a 178 cm, correspondiendo al NW y SE del estado respectivamente (ITRC, 2003).

En la Costa de Hermosillo, se estimo la ET₀ de cinco estaciones agro meteorológicas automatizadas distribuidas en la zona, resultando con valores promedio diarios de 7.5 mm para el mes de junio y de 2.9 mm para enero (figura 1). La ET₀ anual para un año típico alcanza los 182 cm, mientras que la evaporación supera los 260 cm, con meses por arriba de los 30 cm evaporados.

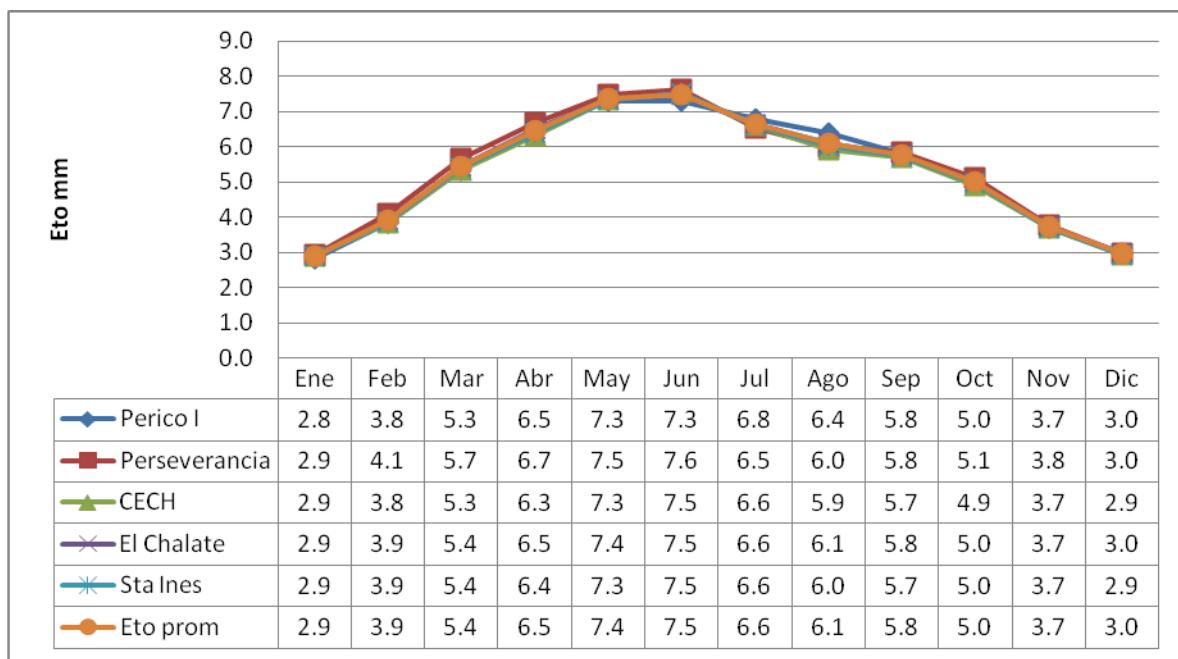


Figura 1. Láminas diarias de evapotranspiración de referencia (ETo) promedio de cinco años registradas en estaciones agro meteorológicas distribuidas en la Costa de Hermosillo. INIFAP 2013.

Demanda de agua. Las necesidades de agua de una huerta de nogal varían de acuerdo a las condiciones climáticas de la región, crecimiento del árbol y estado de desarrollo de la nuez. La planeación y crecimiento de las áreas con este frutal, deberá realizarse en base a las demandas máximas. En el siguiente cuadro se presentan las demandas de agua de árboles en completo desarrollo, aplicándose la fórmula 1, y atendiendo la variabilidad climática registrada en cinco estaciones agro meteorológicas ubicadas en distintas zonas de la Costa de Hermosillo.

Cuadro 1. Evapotranspiración (ETc) de árboles de nogal en completo desarrollo, en cinco zonas de la Costa de Hermosillo, en mm/día. INIFAP 2013.

Mes	Kc	Chalate		Perseverancia		Perico I		CECH		Santa Ines	
		ETo	ETc	ETo	ETc	ETo	ETc	ETo	ETc	ETo	ETc
Ene	0.1	2.7	0.3	2.9	0.3	2.8	0.3	2.9	0.3	2.8	0.3
Feb	0.1	3.6	0.4	4.1	0.4	3.8	0.4	3.8	0.4	3.7	0.4
Mar	0.4	5.0	2.0	5.7	2.3	5.3	2.1	5.3	2.1	5.2	2.1
Abr	0.5	6.0	3.0	6.7	3.4	6.5	3.2	6.3	3.2	6.2	3.1
May	0.7	6.8	4.7	7.5	5.3	7.3	5.1	7.3	5.1	7.1	4.9
Jun	0.9	6.9	6.2	7.6	6.8	7.3	6.6	7.5	6.8	7.2	6.5
Jul	1.2	6.4	7.7	6.5	7.8	6.8	8.1	6.6	7.9	6.5	7.8
Ago	1.2	5.9	7.0	6.0	7.2	6.4	7.7	5.9	7.1	5.9	7.1
Sep	1.2	5.5	6.6	5.8	7.0	5.8	7.0	5.7	6.8	5.6	6.7
Oct	0.7	4.6	3.2	5.1	3.6	5.0	3.5	4.9	3.4	4.8	3.3
Nov	0.2	3.4	0.7	3.8	0.8	3.7	0.7	3.7	0.7	3.5	0.7
Dic	0.2	2.7	0.5	3.0	0.6	3.0	0.6	2.9	0.6	2.8	0.6

Las necesidades de agua de huertas de nogal jóvenes, pueden ser estimadas partiendo del porcentaje de área sombreada por los árboles. La ETc de árboles jóvenes expresada como un porcentaje de la ETc de árboles adultos, se incrementa al doble con respecto a su aumento del área sombreada. La máxima ETc se alcanza cuando se tiene del 60 al 70% de área sombreada, medida entre las 12:00 a 1:00 pm (Hanson, et.al. 2004).

Sistema de riego. En general un sistema de riego por goteo consiste de una serie de dispositivos y equipo los cuales son depositados, algunos sobre el terreno y otros enterrados formando una red presurizada hasta el punto de emisión. Los componentes básicos de un sistema de riego por goteo se observan en la Figura 2.

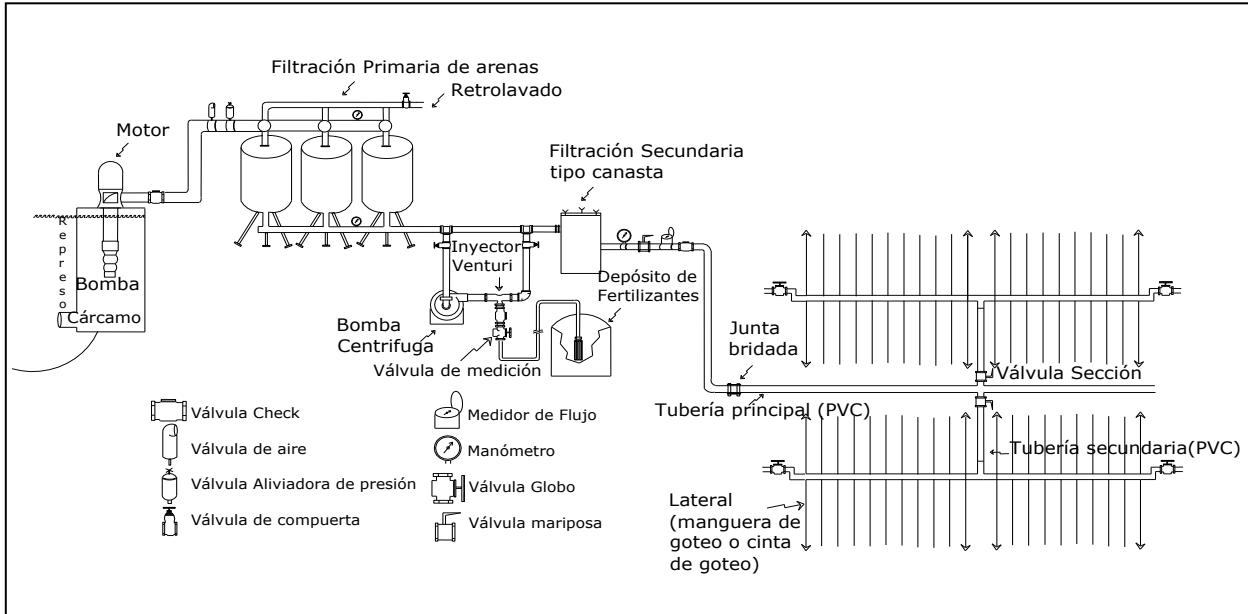


Figura 2. Componentes básicos de un sistema de riego por goteo. INIFAP 2013.

En general un sistema de riego por goteo se puede agrupar en los siguientes rubros:

- Equipo de bombeo.
- Sistema de filtración.
- Equipo de inyección.
- Línea principal y secundaria (tubería de conducción y distribución).
- Línea lateral (manguera con gotero integrado).
- Válvulas y accesorios.

Un sistema de riego por goteo enterrado en nogal, consiste de los mismos conceptos señalados en la Figura 2, la única variante respecto al sistema convencional es que la manguera de goteo va enterrada a profundidades entre 35 y 40 cm. Se busca con esto una ubicación permanente, donde las labores mecánicas dentro de la huerta no sean limitadas por su presencia, además de permitir bondades como: menos presencia de maleza, entrega de agua y agroquímicos directamente al sistema radicular incrementando la eficiencia en la distribución. El mayor problema es la detección de taponamientos en los emisores cuando no se realizan prácticas correctas de mantenimiento o en su momento cuando el sistema de raíces de los árboles en su crecimiento ahorca las mangueras o penetran en los emisores.

Las mangueras de goteo son colocadas a lo largo de las hileras de árboles en número de dos al inicio de la plantación, donde en esta etapa hasta el segundo año están superficiales, para posteriormente incrementarse a tres o cuatro, iniciando el proceso de enterrado a una profundidad de entre 35 a 40 cm, a una distancia de 1.5 m del tronco. Normalmente cuatro mangueras de goteo por hilera pueden proporcionar los requerimientos hídricos del árbol, sin embargo en suelos ligeros, y en plantaciones espaciadas más de doce metros entre hileras, un número de seis hileras da una mayor área de mojado y consecuentemente mayor distribución de raíces.

Los gastos seleccionados para los emisores, deben estar acordes al tipo de suelo, cantidad de mangueras y requerimientos operativos del propio campo. Los gastos de los emisores más comunes utilizados van desde 1.6 hasta 2.5 lph, con distanciamientos desde 0.4 hasta 0.75 cm. Emisores con menor gasto, del tipo auto compensado, antidrenante y distanciamientos más cortos son preferidos actualmente por su mayor eficiencia en la formación del bulbo de mojado y su control para evitar pérdidas por percolación profunda.

Literatura citada

- Ayer, R. S. y Westcot, D. W. 1987. La calidad del agua en la agricultura. FAO. Estudio FAO Riego y Drenaje 29 rev. 1. Roma, Italia. 174 p.
- Cuevas, Q. F. 1997. Calidad del agua de bombeo en el DR 051, Costa de Hermosillo, Sonora. Tesis Chapingo, México. 133 p.
- Brison, F.R. 1974. Pecan culture. Texas A&M University. College Station, TX.
- Diaz, B.A. 1998. Caracterización de suelos ensalitrados mediante fotointerpretación en el DR 051, Costa de Hermosillo, Sonora. Tesis Chapingo, México. 126 p.
- Hanson, B.; Schwankl, L. and Fulton, A. 2004. Scheduling irrigation: When and how much water to apply. University of California Irrigation Program. Publication 3396. 202 p.
- Irrigation Training and Research Center, 2003. California Crop and Soil Evapotranspiration for Water Balances and Irrigation Scheduling/Design. San Luís Obispo, CA. 93407. 57p.
- Miyamoto, S., T. Riley, G. Gobran and J. Petticrew. 1986. Effects of saline water irrigation on soil salinity, pecan tree growth and nut production. Irrigation Science . 7:83-95.
- Rojas W., Leris L. 2001. Prevención y control de obstrucciones en equipos de riego tecnificado Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). Centro Regional de Investigación Intihuasi (La Serena), Oficina Técnica Limarí (Ovalle).
- Universidad Estatal de Nuevo México. 2001. Clasificación del agua de riego. Manual del nogal pecanero. Las Cruces, Nuevo Mexico. p.111.

TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS EN NOGAL

Servando Quiñones Luna

Especialista en Protección Vegetal - Dow AgroSciences de México
squinones@dow.com

Introducción

La aplicación de plaguicidas es un proceso complejo que requiere conocimientos y capacitación. El abuso indiscriminado en el uso de plaguicidas no autorizados y aplicados en forma incorrecta, han provocado problemas de resistencia, contaminación al medio ambiente y efectos nocivos a la salud pública en distintos sistemas de producción agrícola. Bajo este contexto, el desarrollo de la química de los plaguicidas ha evolucionado hacia productos novedosos, más potentes a bajas dosis con un perfil toxicológico de riesgo reducido y bajo impacto ambiental.

Dentro del control químico, la tecnología para la aplicación de plaguicidas, involucra a todos los factores que influyen en su efectividad biológica. La Cobertura- *depositación foliar* afecta directamente el nivel de control; sobretodo, cuando las aplicaciones se realizan con productos que tienen un modo de entrada por *ingestión*; a través del contacto directo,- *indirecto* con el objetivo.

La función de los plaguicidas dentro del Manejo Integrado en el cultivo de Nogal está enfocado a racionalizar su uso; complementándose con otras tácticas de control de manera armoniosa con el medio ambiente y los seres vivos.

Cuando se decide la aplicación de algún plaguicida para la protección de un cultivo, el objetivo es:

“Colocar justo sobre el objetivo, la cantidad suficiente de ingrediente activo para obtener una respuesta de control satisfactorio con seguridad y economía”

La falla más común en la protección fitosanitaria con productos químicos, es el bajo nivel de eficiencia durante el proceso de aplicación (Figura 1). Por ejemplo, se estima que en el uso de insecticidas de contacto, la eficacia obtenida después de una aplicación, es del 10 al 30% debido a errores cometidos en alguno de los procesos, desde la preparación del caldo hasta la formación de los depósitos sobre el objetivo; afectando la porción de la dosificación transferida que tendrá el efecto biológico y que está directamente influenciado por:

- El tamaño de las gotas ($DV_{0.5}$) formadas
- La densidad adecuada de gotas por área foliar
- La homogeneidad en la distribución de las gotas sobre el sitio a proteger en el cultivo y
- La concentración del tóxico en base al volumen aplicado

¿Qué define a una buena aplicación?

La eficiencia de un tratamiento depende fundamentalmente de distintos factores entre los que destacan:

- El momento oportuno de la aplicación
- La selección adecuada del plaguicida y el coadyuvante apropiado
- La configuración o arreglo de las boquillas en el equipo
- Realizar la aplicación en condiciones ambientales favorables
- En la preparación del caldo, utilizar agua de buena calidad y
- La homogeneidad en los depósitos formados después de aplicados

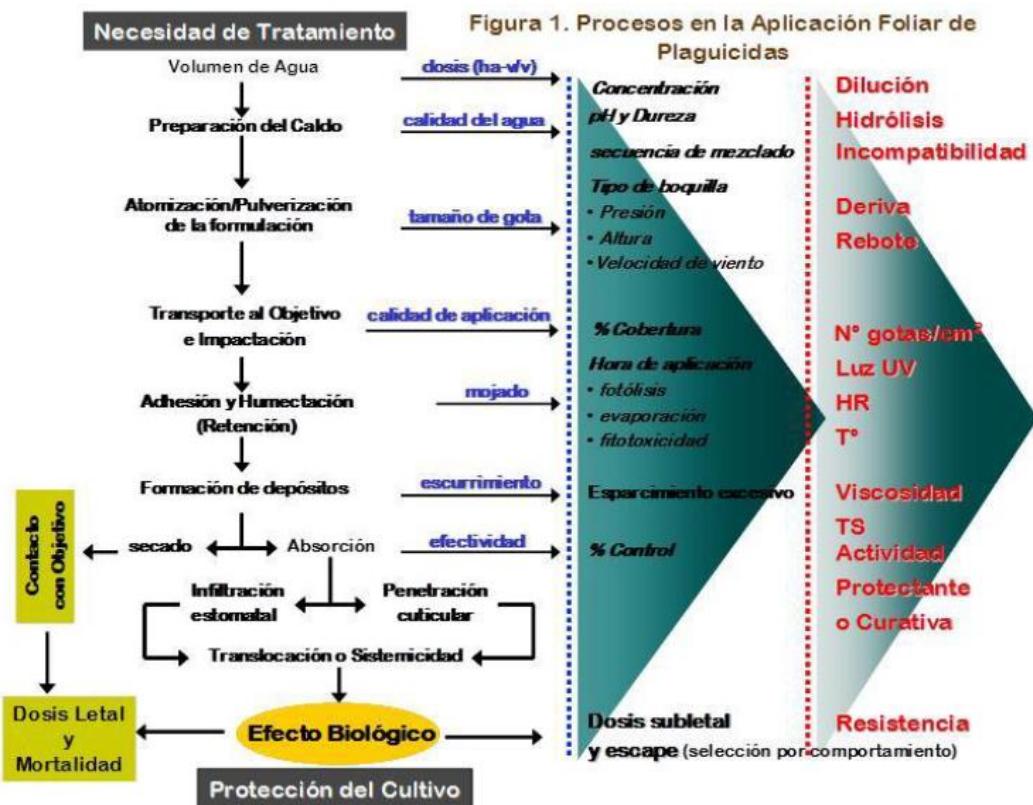


Figura 1. Procesos en la aplicación foliar de plaguicidas

Efectividad del plaguicida

Tiene relación directa con la elección acertada del producto para el control químico del problema fitosanitario que se presenta (plagas, malezas, enfermedades y nemátodos). Los plaguicidas, aplicados correctamente, no deben tener un control inconsistente. La mayoría de las reclamaciones hechas a los fabricantes de plaguicidas se deben a errores comunes de aplicación; por ejemplo:

- El momento de realizar la aplicación
- Incompatibilidad de productos
- Excesivo volumen de agua
- Errores por velocidad de aplicación
- Cobertura foliar deficiente
- Dosis incorrectas
- Pérdida por deriva (acarreo) o rebote
- Uso inadecuado de boquillas

La combinación de las boquillas y el coadyuvante apropiado, contribuyen a mejorar el desempeño biológico de los plaguicidas, mejorando la distribución de los depósitos formados después de aplicados.

Momento oportuno de aplicación

Es de vital importancia, ya que el éxito o fracaso de un tratamiento dependerá de la decisión oportuna de realizarse en forma preventiva. Técnicamente, las aplicaciones se justifican de acuerdo con el umbral económico, la dinámica poblacional de las plagas y su nivel de infestación; la incidencia de la enfermedad en su etapa susceptible de control o la densidad y estado fenológico de las malezas.

Condiciones ambientales favorables

Entre los factores meteorológicos que afectan el comportamiento de los productos aplicados, se encuentra la influencia de la velocidad del viento que favorece a la deriva o acarreo. Se conoce que ésta varía durante el día, es importante que las aplicaciones se realicen durante las horas que presentan condiciones de relativa calma. Los períodos de tiempo favorable para realizar una aplicación son temprano por la mañana y/o por la tarde (figura 2).

En la etiqueta de algunos plaguicidas, se recomienda no aplicar con ráfagas de viento **>8 kilómetros por hora** (KPH). Considere que al aumentar la velocidad del viento durante una aplicación, deberá disminuir la presión en el pulverizador y cambiar las boquillas por otras de mayor caudal o utilizar boquillas anti-acarreo que forman un espectro de gotas gruesas con menor tendencia a la deriva. Antes y durante la aplicación, es recomendable vigilar la velocidad del viento con un anemómetro.

La temperatura y humedad relativa (HR), también influyen en el desempeño de los plaguicidas al momento de aplicarse. Bajo condiciones ambientales con temperaturas elevadas (**>30° C**) y baja HR (**<30%**), las gotas finas tienen tendencia a la deriva y evaporación; Esto obliga a utilizar coadyuvantes apropiados durante la preparación del caldo (mezcla), a realizar ajustes en la configuración del equipo o suspender la aplicación.

Deriva: Condiciones Meteorológicas

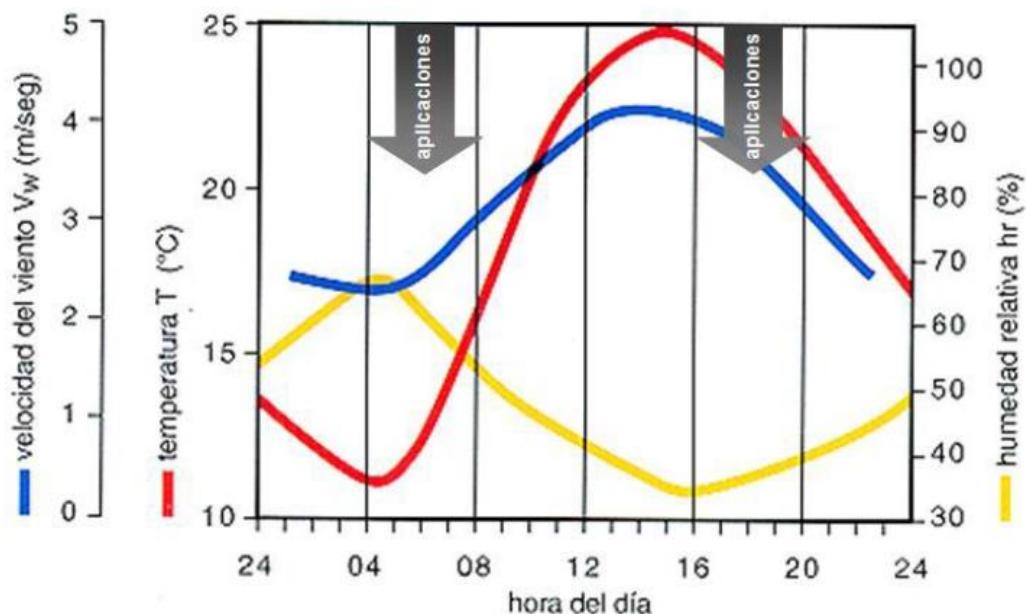


Figura 2. Desarrollo de la velocidad del viento , To ambiente y HR durante el día. (Tomado de: SS, Co. Por Malberg, 1998)

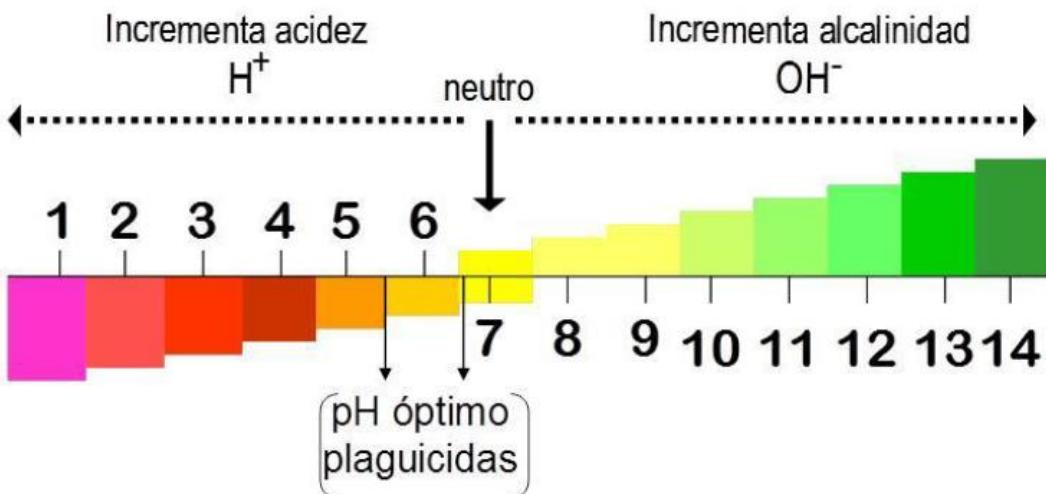
Uso de agua de buena calidad

Dependiendo de su origen, el agua utilizada como vehículo para mezclarse con los plaguicidas, contiene sales disueltas de diferente tipo, restos de materia orgánica, arcillas y otras sustancias acarreadas de posibles fuentes de contaminación. Al hablar de la calidad del agua que se utiliza en la aplicación de plaguicidas, entendemos **usar agua limpia**, sin la presencia de materia extraña o impurezas como restos de plantas (hojas, tallos y raíces), semillas de malezas o arena que provocarían problemas de taponamiento en los filtros y boquillas al incrementarse la presión en el sistema y dañan la bomba.

Realizar mezclas de tanque con más de dos plaguicidas en agua con ciertas propiedades físico-químicas, presentará una serie de reacciones que pueden afectar la acción biológica de ciertos plaguicidas; dependiendo de la vida media del ingrediente activo y tipo de formulación, esta reacción de degradación puede ser de segundos a horas o días. Al rompimiento de una reacción química durante la mezcla de plaguicidas en agua de mala calidad se le conoce como “**hidrólisis**” que puede ser ácida o alcalina ($\text{pH} < 7$). Esta última es la más común; y se debe a la presencia de iones hidroxilo (OH^-) y carbonatos (CO_3^{++}), además de otros aniones formando sales complejas insolubles como fosfatos (PO_4^{++}), sulfatos (SO_4^{++}), silicatos, boratos o las sales de algunos ácidos orgánicos.

El pH del agua, representa el grado de acidez o alcalinidad en una escala logarítmica (base 10) y la dureza total es una medida cuantitativa de los iones de Calcio (Ca^{++}) y Magnesio (Mg^{++}), además de otro tipo de iones como el fierro (Na^{++}), (Fe^{++}), Zinc (Zn^{++}) y Manganese (Mn^{++}) que contribuyen al contenido de sales disueltas; Ambos parámetros se pueden medir con diversos equipos y reactivos químicos.

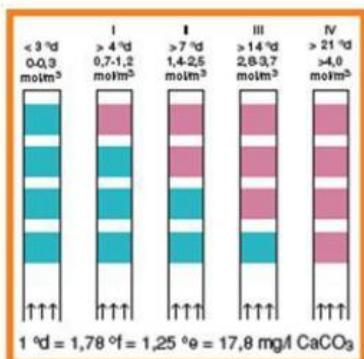
Para la mayoría de los plaguicidas, el agua que se utiliza como diluyente- *vehículo* debe tener un bajo contenido de sales (<150 ppm) o una conductividad eléctrica (Ce) menor a 0.25 mimos/cm equivalente de sólidos totales (ST) y un rango óptimo de pH entre **5.5 y 6.5**; es recomendable acondicionarla con agentes acidificantes-*buferizantes* y ablandadores antes de mezclar cualquier plaguicida.



Clasificación de la dureza del agua

Rangos del grado de dureza (CaCO_3 y MgCO_3)

- Muy Blanda: 0-70 ppm
- Blanda: 70-150 ppm (Rango óptimo)**
- Ligeramente dura: 150-250 ppm
- Moderadamente dura: 250-320 ppm
- Dura: 320-420 ppm
- Muy dura >420 ppm



Determinación de Dureza Total (Rango medio): Test por tiras reactivas Aquadur®
 $<3^\circ\text{dH}$ (53.4 ppm) $>4^\circ\text{dH}$ (71.2 ppm) $>14^\circ\text{dH}$ (249.2 ppm) $>21^\circ\text{dH}$ (373.8 ppm)

Plaguicidas autorizados en nogal

Desde el punto de vista de tecnología de aplicación, el 45% de los insecticidas con autorización de uso en nogal (cuadro 1), vienen en formulación líquida como concentrados emulsionables (CE) y el 18% en formulación sólida como gránulos dispersables en agua (GDA); lo que significa corregir el pH y dureza del agua con agentes acidificantes-bufierizantes o agentes secuestrantes (ablandadores de dureza), antes de realizar la mezcla de tanque, además de seguir la secuencia de mezclado en caso de hacer mezclas con fertilizantes foliares o granulados.

Las formulaciones sólidas requieren de hacer una pre-mezcla antes de preparar el caldo final, manteniendo encendido el sistema de agitación en el pulverizador durante el tiempo que dure la aplicación.

Al realizar un análisis detallado del modo de acción, (MoA), el 36% son insecticidas (OF) de amplio espectro comparado contra el 32% de insecticidas biológicos o bio-racionales. Del total de insecticidas, seis ingredientes activos con diferente MoA controlan el Gusano Barrenador de la Nuez (GBN); ocho insecticidas al Gusano Barrenador del Ruezno (GBR), cinco a pulgones incluyendo imidacloprid y tres al salivazo y el complejo de chinches (Cuadro 2).

Insecticida	Principales Plagas					IRAC MoA	Acción MoE	Dosis PC/hL	Categoría Toxicológica	LMR (ppm)	ISAC (días)	Aqua pH óptimo
ingrediente activo	GBN	GBR	Pulgones	Chinchas	Salivazo							
aceite parafínico			X		X	un	C	2%	IV	exento	s/límite	6.5
aldicarb			nemátodos			1A	S	300-600 g	II	0.5	s/límite	6.0
azadiractina	X	X	X		X	un	IT	24-78 ml	IV	exento	s/límite	5.0
azinfos-metil	X	X				1B	CI	140-210 g	II	0.3	21	5.0
azufre			X			un	C	400-700 g	IV	exento	s/límite	7.0
Bacillus thuringiensis subsp kurstaki	X	X				11	I	100 g	IV	exento	s/límite	5.0
benzoato de emamectina		X				6	CIT	25 g	IV	0.02	7	6.5
carbarilo	X	X				1A	CI	250-350 g	IV	1.0	4	6.0
clorpirifos-eutl			X			1B	CIH	100 g	IV	0.2	7	5.0
diazinón		X	X	X		1B	CIH	100-150 ml	IV	0.5	7	7.0
dimetoato		X				1B	CIS	125 ml	III	0.1	21	4.0
endosulfan			X	X		2A	CI	250-300 ml	II	0.2	7	5.5
esfenvalerato		X				3A	CI	28-56 ml	IV	0.2	21	4.0
etión			X			1B	C	5-8 ml	II	0.1	21	6.0
malatión	X	X	X			1B	CIH	125-150 ml	III	8.0	s/límite	5.0
metoxifenozida	X	X				18	IT	30-40 ml	IV	0.1	30	7.0
naled			X			1B	CIH	100-150 ml	II	0.5	7	5.5
paratón-metílico			X	X	X	1B	CIH	100-150 ml	I	0.1	30	4.0
Sales potásicas de ácidos grasos			X		X	un	C	1-2%	IV	exento	*	6.5
spinetoram	X	X				5	CIT	50-80 ml	IV	0.02	14	7.0
spinosad	X	X				5	CIT	20-40 ml	IV	0.02	1	7.0
tebufenozida		X				18	I	60-75 ml	IV	0.1	7	7.0

Cuadro 1. Insecticidas autorizados para uso en Nogal Pecanero, 2013.

Plaga	Esquema de Rotación por Modo de Acción (MoA)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
GBN								
GBR	azadiractina	Btk	métoxifenozida	spinosines	carbarilo	azinfos/malatión		
Pulgones		endosulfan	metoxifenozida/tebufenozida		benzoato de emamectina	carbarilo	azinfos/malatión	esfenvalerato
Salivazo			sales potásicas/aceite		clorpirifos/diazinón/dimetoato/etión/malatión/naled/paratón	imidacloprid		
Chinchas	endosulfan	diazinón/paratón	entomopatógenos					

Cuadro 2. Propuesta de la secuencia de rotación de insecticidas para el manejo de resistencia de las principales plagas asociadas al cultivo de Nogal Pecanero. 2013

Principios básicos en la aspersión de plaguicidas

El éxito de una aplicación fitosanitaria depende, no solo de la elección correcta del plaguicida, sino también de cómo el producto alcanza el objetivo. Cuando se aplica en el **momento oportuno** con una distribución uniforme (**cobertura óptima**) y en la cantidad suficiente (**dosis recomendada del producto**) para logra un óptimo nivel de control. Sobre los primeros factores, se puede obtener información. En este caso, se tratará principalmente acerca del método de aspersión en Nogal pecanero, sin entrar en los detalles de las características de la maquinaria, sino más bien en cómo lograr una buena aplicación.

Dos consideraciones son importantes mencionar antes de aplicar cualquier plaguicida:

1). Debe aplicarse la dosis de etiqueta diluida con la suficiente cantidad de agua para lograr un control comercialmente aceptable.

2). Que no sea fitotóxico al cultivo o deje residuos potencialmente tóxicos al cosechar. Este equilibrio se logra usando en la aspersión un volumen óptimo de aplicación para obtener una buena cobertura sobre el follaje y los racimos de nueces.

El aplicar hasta que las ramas, hojas y frutos no puedan retener más del caldo asperjado que cae por escrimento- **goteo**, está fuera totalmente de las bases técnicas. *El “punto de goteo” se alcanza justo antes de que la aspersión comience a escurrir del ápice de las hojas o cuando el follaje, frutos y ramas del árbol retienen la mayor cantidad de producto.*

Todo lo que se asperja por encima del “**punto de goteo**”, se pierde al caer y contaminar el suelo. Por el contrario, las aplicaciones que se realizan con volúmenes por debajo del “**punto**

de goteo”, resultan en un control fitosanitario deficiente que tampoco son recomendables. La calibración de los equipos pulverizadores mejora la calidad de la aspersión de los plaguicidas, incrementando su eficacia y ahorro, sin contaminar. La cantidad efectiva de ingrediente activo depositado sobre el follaje después de que el agua portadora se evapora, se determina calculando la concentración en el caldo de aspersión; idealmente, esta cantidad es justamente suficiente para obtener un buen control.

Volumen de aplicación (L/Ha)

En la etiqueta de los plaguicidas, se encuentran las indicaciones de las dosis y el volumen de agua sugerido en las aplicaciones. Para frutales, se recomienda realizar las aplicaciones foliares sobre la base de 100 litros de agua o hectolitro (hL).

En el **cuadro 3**, se muestran los diferentes volúmenes de agua; que varían en los distintos lugares de acuerdo a la densidad de plantación, el tamaño y uniformidad de los árboles, el manejo y operación del huerto; la disponibilidad de maquinaria y equipo y condiciones ambientales.

Sistema de Plantación	NºArboles por Ha	Litros por Hectárea																
		Litros por Árbol																
		5	7	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
10X10	115	575	805	920	1150	1380												
	100	500	700	800	1000	1200	1500											
12X12	80		560	640	800	960	1200	1600										
	70			560	700	840	1050	1400	1750									
15X15	51				510	612	765	1020	1275	1530	1785							
	44					528	660	880	1100	1320	1540	1760						
20X20	29						580	725	870	1015	1160	1305	1450	1595	1740			
	25						500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	

considere 10 lts por cada 1 m de altura

Cuadro 3. Volúmenes de agua por hectárea para aplicaciones en Nogal.

¿Cómo se determinan, el volumen de agua y la cantidad de plaguicida para aplicar en una huerta?

Tradicionalmente en México, los productores realizan las aplicaciones con altos volúmenes de agua (Figura 3). Un estudio realizado en huertos de distintas regiones productoras, se determinó que indistintamente la altura de los árboles, la mayoría aplica entre 1300 y 2000 litros de agua por hectárea hasta el punto de escurrimiento- goteo (línea roja). El valor promedio del volumen aplicado fue de 1500 litros por ha (línea blanca). También se estimó que solo el 70% a 75% del volumen aplicado permanece en los árboles y el 25% restante se pierde al caer.

Una desventaja de las aplicaciones diluidas-semi-concentradas es que para algunos plaguicidas, representa la concentración más débil del caldo con bajos niveles de control y corta persistencia en campo; también, requieren de transportar- mover altas cantidades de agua al llenarse el tanque a intervalos frecuentes y hay un tiempo “perdido” que se emplea en vueltas mientras se preparan las mezclas. Una ventaja que tiene es que representa la forma más simple para calibrar una máquina pulverizadora en huertos con árboles altos.

La aplicación concentrada es una buena alternativa, se asperja justo la cantidad efectiva del plaguicida, consume menos tiempo y ahorra agua, además, reduce costos de producción e

inversión y tiene un menor impacto ambiental. Al igual que en las aplicaciones aéreas, las condiciones ambientales desfavorables como **alta temperatura** ($>30^{\circ}\text{C}$), **baja humedad relativa** ($<50\%$) y **velocidad del viento** ($>8 \text{ KPH}$), provocan que las gotas formadas sean propensas a la *evaporación y deriva*; además, de tener mayor riesgo de fitotoxicidad cuando se utilizan fertilizantes foliares o se tiene un pobre nivel de control por deficiencia en la cobertura en las zonas distantes del pulverizador, principalmente en huertos con árboles de gran altura ($>20\text{m}$).

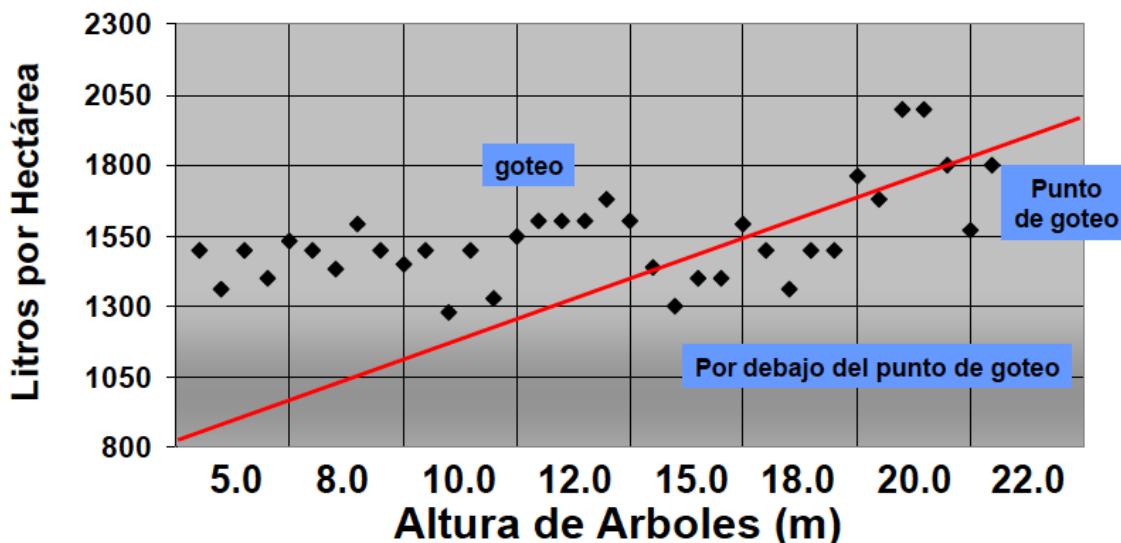


Figura 3. Volumen de agua (L/ha) que se aplica en el cultivo de Nogal Pecanero en México.

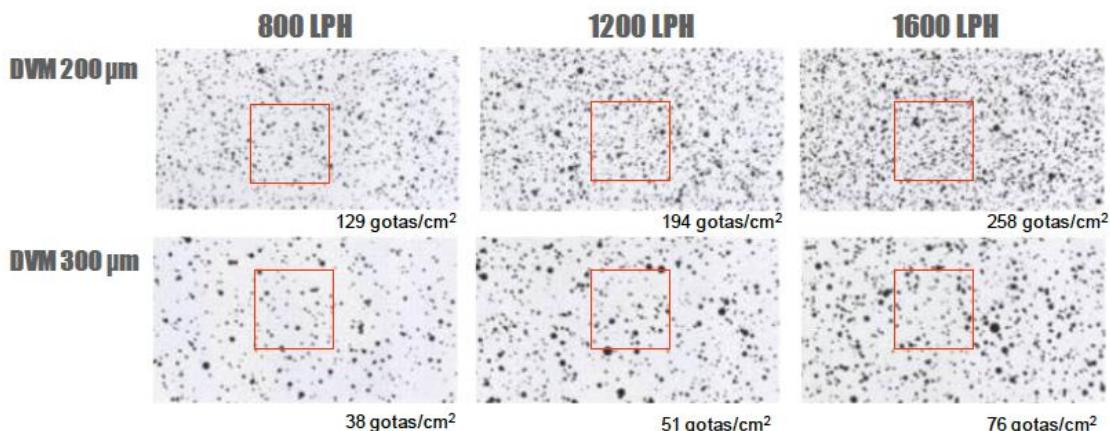
Seleccione el volumen de agua de acuerdo a las características de la huerta, al tipo de plaguicida y las condiciones ambientales locales. Se recomienda calibrar el pulverizador ajustando la velocidad, presión y gasto según los cuadros en los **anexos 1 y 2**; verificar la cobertura con papel hidrosensible, tomando como referencia los depósitos formados en diferentes volúmenes de aplicación como el que se muestran en el **cuadro 4**.

Gasto (LPM) = Volumen de aplicación (l/ha) X velocidad de avance (km/hr) X ancho de la hilera (m) 600 (factor de conversión)

Fórmula para calibrar y calcular el gasto por boquilla en Litros Por Minuto (**LPM**)

$$\text{Gasto (LPM)} = \frac{\text{Volumen de aplicación (l/ha)} \times \text{velocidad de avance (km/hr)} \times \text{ancho de la hilera (m)}}{600 \text{ (factor de conversión)}}$$

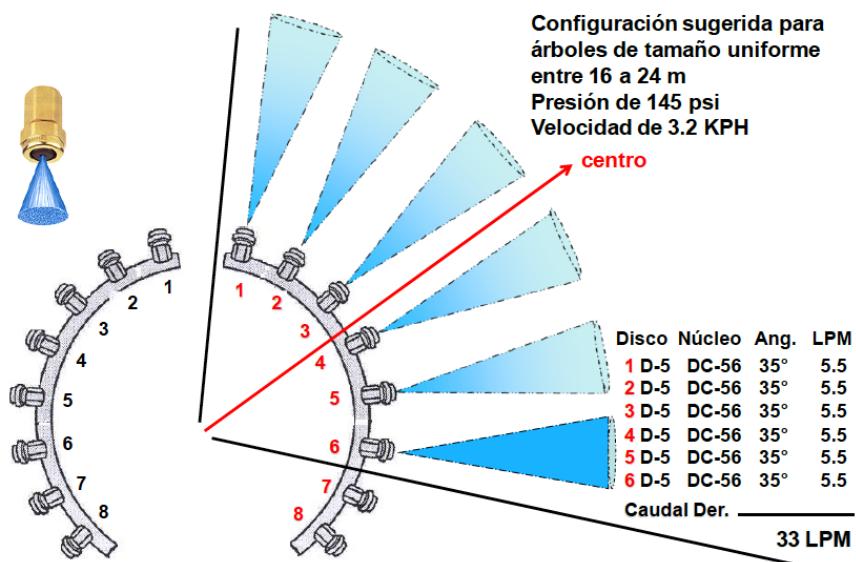
Fórmula para calibrar y calcular el gasto por boquilla en Litros Por Minuto (LPM)



Cuadro 4. Referencias en papel hidrosensible del tamaño de gotas (DVM) y número de gotas/cm² en relación al volumen de agua (LPH).

Maquinaria y equipo

El propósito de una máquina pulverizadora es transportar el líquido –caldo preparado de agua + plaguicida(s) desde el tanque -depósito a los árboles, distribuyéndolo de manera uniforme sobre el dosel -copa. Las máquinas pulverizadoras han evolucionado hacia dispositivos hidroneumáticos (Figura 4), utilizando una fuente de aire para parcialmente remplazar el agua como portador del caldo.



El flujo de aire hace que el agua se rompa en gotas finas que luego se dispersan dentro del follaje, provocando un movimiento oscilante de las ramas con hojas dando mayor poder de penetración y deposición del caldo. Los pulverizadores neumáticos (nebulizadores) y

electrostáticos, se han desarrollado para aplicaciones concentradas a bajos volúmenes de agua/ha (<1000 L/Ha). Cada tipo de pulverizador tiene sus ventajas y desventajas que deben ser considerados antes de la compra.

Al adquirirse un pulverizador, éste debe tener una bomba con suficiente capacidad para ejercer una alta presión, en el caso de los pulverizadores hidroneumáticos o pulverizadores electrostáticos, deben desplazar a gran velocidad, un volumen de aire suficiente para llevar el caldo a todas las partes de las copas de los árboles. Dependiendo del manejo y nutrición de cada huerto, es importante estimar el índice de área foliar, para determinar la capacidad de trabajo del equipo. Un productor debe contar con la cantidad de máquinas pulverizadoras que pueda cubrir un huerto en corto plazo.

El cuadro 5 se puede utilizar como referencia para estimar ¿cuántas hectáreas se pueden aplicar? Si la huerta es más grande de lo que se puede hacer con los equipos, entonces se tendrá que aumentar el tiempo de pulverización diaria, adquirir un pulverizador de mayor tamaño que pueda aplicar a una velocidad mayor o adquirir un segundo pulverizador. La cobertura –*deposición foliar* está relacionada con la velocidad del tractor. Un tractor en movimiento demasiado rápido para el tamaño de pulverizador que se utiliza no permitirá que permanezca el tiempo suficiente para reemplazar el aire en el dosel del árbol, dejando que solo las hojas exteriores queden cubiertas, mientras que el follaje interior no estará suficientemente mojado. Para tener una cobertura efectiva, los pulverizadores de gran capacidad puede manejarse a velocidades entre **5.6 y 6.4 KPH**; Los pulverizadores de tamaño mediano, debe manejarse a velocidades de **3.2 y 4.8 KPH**, mientras que los pulverizadores más pequeños, se pueden conducir entre **1.6 y 2.4 KPH**. La velocidad del tractor está determinada no sólo por la capacidad del pulverizador, sino también por el tamaño de los neumáticos, la altura de los árboles y la velocidad del viento al momento de realizar la aplicación.

Aplicación	Presión lbs/pulg ² (PSI)	Herbicidas			Fertilizantes líquidos	
		incorporado al suelo	Pre-emergentes	Post-emergentes contacto	sistémico	al suelo
cono hueco	58 a 145	400 a 600	400 a 500	150	>200	>400
cono lleno	73 a 174	400 a 500	>400	200	250	300 a 600
abánico	36 a 44	>400	350 a 450	200	300	600
	29 a 36	>400	400 a 600	350	>400	1000
						450
						500

Tipo de boquilla y presión de trabajo en relación al tamaño de gotas en μm de DV_{0.5} sugeridos para herbicidas y fertilizantes foliares.

Aplicación	Presión lbs/pulg ² (PSI)	Insecticidas		Fungicidas	
		ingestión contacto	sistémico	protectantes contacto	curativos sistémico
cono hueco	58 a 145	120 a 250	200 a 300	100 a 150	150 a 250
cono lleno	73 a 174	150 a 300	200 a 400	150 a 200	250 a 300

Tipo de boquilla y presión de trabajo en relación al tamaño de gotas en μm de DV_{0.5} sugeridos para insecticidas y fungicidas.

Conclusiones y Recomendaciones

Del equipo y sistema de aplicación

- Realizar las aplicaciones con velocidades entre **3.2 y 4.2 KPH**, manteniendo un avance constante. Oriente las boquillas al dosel de los árboles.
- Seleccione el rango de presión para cada tipo de plaguicida, para insecticidas se deberá regular entre 4 y 12 bar (58 y 174 Lb/Pulg²)
- Utilizar boquillas de cono lleno **para fungicidas o insecticidas de contacto** y de cono hueco para productos **sistémicos -translaminares**; configurar el porta-boquillas de acuerdo a la uniformidad en el tamaño de los árboles y condiciones ambientales prevalecientes al momento de la aplicación.
- Aplicar en condiciones ambientales de plena calma por la mañana muy temprano o por la tarde. **No aplicar** en días secos y calurosos, con ráfagas de viento a velocidades mayores a 10 km/hr o con presencia de nublados con alta probabilidad de lluvias.
- Para obtener una buena cobertura, se recomienda realizar aplicaciones con tamaños de gota entre 150 y 250 μm de DV0.5. El tamaño, cantidad, distribución y deposición de las gotas, pueden modificarse, ajustando el volumen de agua por ha. Dependiendo de la altura de los árboles, sistema de plantación, se sugiere utilizar volúmenes de agua basado en el cuadro sugerido.

De la mezcla de tanque

- Acondicione el pH y Dureza del agua en caso de ser necesario
- De manera sencilla trate de preparar mezclas de tanque con productos de una mismo tipo de formulación; por ejemplo, que todos sean **sólidos o líquidos**.
- Siga la secuencia de mezclado y pre-mezclado (por separado)
- Realizar la mezcla en tanque con formulaciones similares
- Si realiza la mezcla con formulaciones distintas, primero se pre-mezclan las formulaciones sólidas (PH, PS, GDA), después se vierten las formulaciones líquidas como (SA, SCA, CE, LM) y finalmente cuando casi esté lleno el tanque, adicionar el coadyuvante. Mantenga siempre el sistema de agitación o retorno abierto durante toda la aplicación

Bibliografía

- Carrero, J.M. 1996. Maquinaria para Tratamientos Fitosanitarios: Métodos y Aparatos para Aplicación de Plaguicidas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. Mundiprensa 160 pp.
- Courshee, R. J. 1960. Some aspects of the application of insecticides. Ann. Rev. Ent. 5: 327-52
- Hadaway, A.B. and Barlow, F. 1965. Studies on the deposition of oil drops. Ann. Appl. Biol. 55:267-74
- Himel, C.M. 1969. The optimum size for insecticide sprays droplets. J. Econ. Ent. 62: 912-16
- McEachern, R. G. 1975. Texas Pecan Orchard Management Handbook. College Station, Texas. (traducción).
- Matthews, G.A... 1987. Pesticide Application Methods. 3rd. Edition. Longman Group Ltd.
- Potts, S.F. 1946. Particle size of insecticides and its relation to application, distribution and deposit. J. Econ. Ent. 39: 716-20
- Quiñones, L.S. 2010. Tecnología para la Aplicación de Plaguicidas en Nogal. Memorias del XI Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Núñez, M.J.H. et al. editores. INIFAP. Hermosillo, Son. 105-110 pp
- Smith, C.M. 1942. Particle size in relation to insecticide efficacy. Ind. Engine. Chem. 34 (4): 490-93

Vázquez, M. J. 2003. Aplicación de Productos Fitosanitarios: Técnicas de Aplicación. Ediciones Agrotécnicas, SL. 389 pp

Water-sensitive paper for monitoring spray distribution. 1997. 5th. Edition. Novartis Crop Protection, AG. CH-4002. Basle, Switzerland. 15 pp

Marca Registrada de Spraying Systems Co., INC. USA.

Kromakote® es Marca Registrada de Syngenta Crop Protection AG. Basle, Switzerland

SofCheck® es Marca Registrada de Hach Company, Loveland, CO, USA

ANEXO 1

Puntas de Aspersión de Cono Hueco

Disco (plato)	Núcleo (core)	Diámetro o (mm)	Litros por Minuto (LPM)				Angulo	
			5 Bar (73 PSI)	10 Bar (145 PSI)	15 Bar (218 PSI)	20 Bar (290 PSI)	10 Bar (145 PSI)	20 Bar (290 PSI)
D1	C13	0.8	0.32	0.43	0.50	0.57	66°	68°
D2		1.0	0.41	0.53	0.63	0.70	74°	75°
D3		1.2	0.44	0.59	0.68	0.77	77°	78°
D4		1.6	0.59	0.76	0.89	1.00	84°	85°
D1		0.8	0.34	0.46	0.54	0.61	63°	65°
D2		1.0	0.53	0.70	0.83	0.93	72°	72°
D3		1.2	0.58	0.78	0.93	1.10	77°	77°
D4		1.6	0.77	1.10	1.30	1.40	88°	88°
D5		2.0	0.91	1.30	1.50	1.70	96°	95°
D6		2.4	1.10	1.50	1.80	2.00	100°	99°
D1		0.8	0.50	0.69	0.83	0.95	49°	51°
D2		1.0	0.79	1.10	1.30	1.50	61°	61°
D3		1.2	0.95	1.30	1.60	1.80	69°	69°
D4		1.6	1.40	2.00	2.40	2.80	82°	82°
D5		2.0	1.70	2.40	2.90	3.30	85°	84°
D6	C25	2.4	2.30	3.20	3.80	4.40	89°	88°
D7		2.8	2.60	3.70	4.50	5.10	92°	91°
D8		3.2	3.10	4.40	5.30	6.20	96°	95°
D10		4.0	3.90	5.50	6.70	7.70	102°	101°
D12		4.8	4.80	6.70	8.20	9.50	111°	110°
D14		5.6	5.20	7.50	9.10	10.20	113°	112°
D1		0.8	0.61	0.84	1.00	1.20	39°	40°
D2		1.0	1.00	1.40	1.70	2.00	58°	58°
D3		1.2	1.20	1.60	2.00	2.30	62°	62°
D4		1.6	1.80	2.50	3.10	3.60	73°	72°
D5		2.0	2.30	3.20	3.90	4.50	76°	75°
D6	C45	2.4	3.00	4.30	5.30	6.10	80°	79°
D7		2.8	3.50	5.00	6.20	7.20	86°	85°
D8		3.2	4.30	6.20	7.60	8.90	89°	88°
D10		4.0	5.60	8.00	9.80	11.50	92°	91°
D12		4.8	6.90	9.80	12.10	14.00	101°	100°
D14		5.6	7.80	11.20	13.60	15.90	104°	103°
D16		6.4	9.30	13.20	16.30	19.10	111°	110°

ANEXO 2

Puntas de Aspersión de Cono Lleno

Disco (plato)	Núcleo (core)	Diámetro (mm)	Litros por Minuto (LPM)				Angulo	
			5 Bar (73 PSI)	10 Bar (145 PSI)	15 Bar (218 PSI)	20 Bar (290 PSI)	10 Bar (145 PSI)	20 Bar (290 PSI)
D1	C31	0.8	0.74	1.00	1.20	1.40	40°	38°
D2		1.0	1.10	1.50	1.80	2.00	54°	49°
D3		1.2	1.20	1.60	1.90	2.20	67°	58°
D1	C33	0.8	0.71	0.98	1.20	1.40	37°	37°
D2		1.0	1.20	1.70	2.00	2.30	55°	52°
D3		1.2	1.50	2.00	2.50	2.80	57°	56°
D4		1.6	1.90	2.70	3.30	3.70	63°	63°
D1	C35	0.8	0.71	0.97	1.20	1.30	27°	27°
D2		1.0	1.20	1.70	2.00	2.20	45°	40°
D3		1.2	1.50	2.00	2.40	2.80	48°	42°
D4		1.6	2.50	3.50	4.20	4.80	68°	60°
D5		2.0	3.30	4.50	5.50	6.30	69°	62°
D2	C56	1.0	1.20	1.80	2.20	2.50	18°	16°
D3		1.2	1.70	2.40	3.00	3.40	24°	22°
D4		1.6	2.80	4.00	4.80	5.60	30°	28°
D5		2.0	3.90	5.50	6.70	7.80	35°	33°
D6		2.4	5.90	8.50	10.20	11.90	40°	38°
D7		2.8	7.70	11.00	13.50	15.60	53°	51°
D8		3.2	9.80	13.90	17.00	19.60	58°	56°
D10		4.0	13.60	19.30	24.00	27.00	66°	64°

EL CLIMA Y LA PRODUCCIÓN DE NOGAL PECANERO

**José Grageda Grageda¹, Agustín Alberto Fu Castillo¹, Benjamín Valdez Gascón¹,
Jesús Humberto Núñez Moreno¹, Alejandro Jiménez Lagunes², Rodolfo Sabori Palma¹,
Edgardo Urías García³**

¹Investigadores del INIFAP-CECH; ²Técnico del CESAVE-Sonora; ³Asesor Técnico Particular
Carretera a Bahía de Kino km 12.6. Col. La Manga. Hermosillo, Sonora.
grageda.jose@inifap.gob.mx

Introducción

Uno de los problemas más comunes en la toma de decisiones de los diversos ámbitos de la agricultura mexicana es la escasa información climática con que se cuenta para la elaboración de un plan de trabajo. La situación anterior generalmente tiene un alto costo y un impacto negativo en la economía del sector agropecuario, es por ello que año con año se han generado proyectos en los diversos ámbitos de los sistemas de producción buscando generar información pertinente a la agricultura en donde casi todas las actividades dependen del tiempo y del clima (Villalpando y Ruiz, 2003). El clima es de los principales factores del ambiente que influyen en el desarrollo del nogal, ya que como factor abiótico puede generar daños en plantas cultivadas de una manera directa (falta de frío, heladas, golpes de aire y sol, granizo, sequía, etc.), así como influir en el desarrollo de desórdenes fisiológicos, plagas y enfermedades (viviparidad, barrenadores, pulgones, etc.) y modificar la programación del agua de riego.

La producción de nogal pecanero es una de las actividades agrícolas principales en el norte de México, especialmente en Chihuahua, Coahuila, Sonora, Durango y Nuevo León en ese orden, ya que se ha constituido en una especie con buena relación beneficio-costo, ya que el ingreso bruto promedio oscila entre 37 y 106 mil pesos/ha y la producción promedio anda alrededor de 1.23 ton/ha (SNIDRUS-OEIDRUS, 2013). Es por eso que el productor necesita contar con información climática confiable que sirva de apoyo para la toma de decisiones, con el fin de apoyar su toma de decisiones sobre prácticas de manejo preventivo, que reduzcan el daño causado por estos fenómenos y le sirvan para optimizar el sistema de producción mejorando sus utilidades.

Temperatura. La temperatura afecta el desarrollo de un cultivo, insecto y/o patógenos, a través de su influencia en los procesos metabólicos. Bajas temperaturas retardan el desarrollo vegetativo, mientras que las altas (con cierto límite), lo aceleran y acortan las diferentes etapas fenológicas. Este concepto postula que las plantas y los insectos especialmente, dependen de la cantidad de calor que reciben (Hodges y Doraiswamy citados por Villalpando, 1981). El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado y el aumento del promedio mundial del nivel del mar. En el período de 1995-2006, once figuran entre los más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850). La tendencia lineal a 100 años (1906-2005), cifrada en 0.74°C (entre 0.56°C y 0.92°C) es superior a la tendencia correspondiente de 0.6°C (entre 0.4°C y 0.8°C) (1901-2000). Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta y es más acentuado en las latitudes septentrionales superiores. Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos (IPCC, 2007).

Los cultivos por un lado pueden verse favorecidos por los aumentos de bióxido de carbono atmosférico, que ayudan a eficientar el proceso fotosintético, sin embargo, el aumento de la temperatura incrementará las demandas hídricas de los mismos, elemento que ha disminuido

su disponibilidad en forma dramática, especialmente en las zonas de bombeo de agua subterránea, que es donde se localiza la mayor superficie de nogal, adicionalmente el productor también enfrenta riesgos ya que las condiciones para muchas plagas y enfermedades, así como desórdenes fisiológicos serán más favorables, lo que impactará negativamente los costos de producción, por el muy probable aumento en el uso de plaguicidas y promotores de brotación, por lo que deberá tener mayor cuidado en el manejo inocuo de los cultivos.

Reposo y requerimiento de frío. El reposo es la falta de crecimiento de yemas o algún órgano debido a factores endógenos. Los árboles frutales de clima templado tienen un período cíclico de crecimiento, ya que en la primavera las yemas se activan dando lugar a hojas, flores o ramas. El crecimiento vegetativo continúa hasta que se forma la yema terminal en el ápice o punta de las ramas, se detiene al final del verano y permanece así durante el otoño-invierno para reiniciar en la siguiente primavera (Samish citado por Díaz, 1987), todo lo cual está influenciado por la luz, temperatura y humedad. La intensidad y duración del reposo de una yema se da en forma individual para cada una de ellas en el árbol. La necesidad que tiene una yema u órgano de ser expuesto a bajas temperaturas por un período mínimo para terminar su estado de reposo, se denomina requerimiento de frío. Es importante reiterar que el principal factor para terminar el reposo son las bajas temperaturas, ya que sin éstas no habría una brotación adecuada.

El nogal pecanero al igual que los demás frutales caducifolios al desarrollarse en su hábitat natural, raramente es dañado por el frío ya que en su evolución ha desarrollado mecanismos fisiológicos de adaptación que le permiten permanecer en dormancia y sobrevivir aún a inviernos muy severos (Arreola, 2006). Esta especie al cultivarse en regiones deficientes de frío como Sonora, Nuevo León, Región Lagunera y región centro-sur de Chihuahua, las cuales presentan muchos años de inviernos benignos, que no proveen el frío suficiente, lo cual se manifiesta con brotaciones deficientes, floración irregular y en un amplio período, foliación raquíctica, poca ramificación y por ende los rendimientos tienden a estar muy por abajo del potencial (Erez y Lavee citados por Arreola, 2006).

En términos generales el nogal requiere de 400 a 1000 horas frío ($\leq 7.2^{\circ}\text{C}$), calculadas con el método convencional, pero en la región de Hermosillo, Sonora, con el uso del método INIFAP (Osorio et al., 1987) se han caracterizado las variedades de uso actual, estimando que Western necesita 600 horas frío efectivo (HFE), Wichita 400 HFE, Mahan 500 HFE y Choctaw 600 HFE. En la Figura 1 se muestran las acumulaciones de frío obtenidas para la Costa de Hermosillo en el período noviembre-febrero de los últimos años, observándose que el ciclo 1995-96, ha tenido la menor acumulación de frío de los últimos años además del menor rendimiento, aunque el problema se agravó por la presencia de altas temperaturas ($> 35^{\circ}\text{C}$) en el mes de abril, etapa crítica ya que es cuando se presentan las etapas de polinización y amarre de fruto. Un análisis de correlación entre las HFE y el rendimiento promedio global en la región, muestra una tendencia positiva de obtener altos rendimientos cuando se presentan inviernos con mayores niveles de acumulación de frío ($r=0.52$).

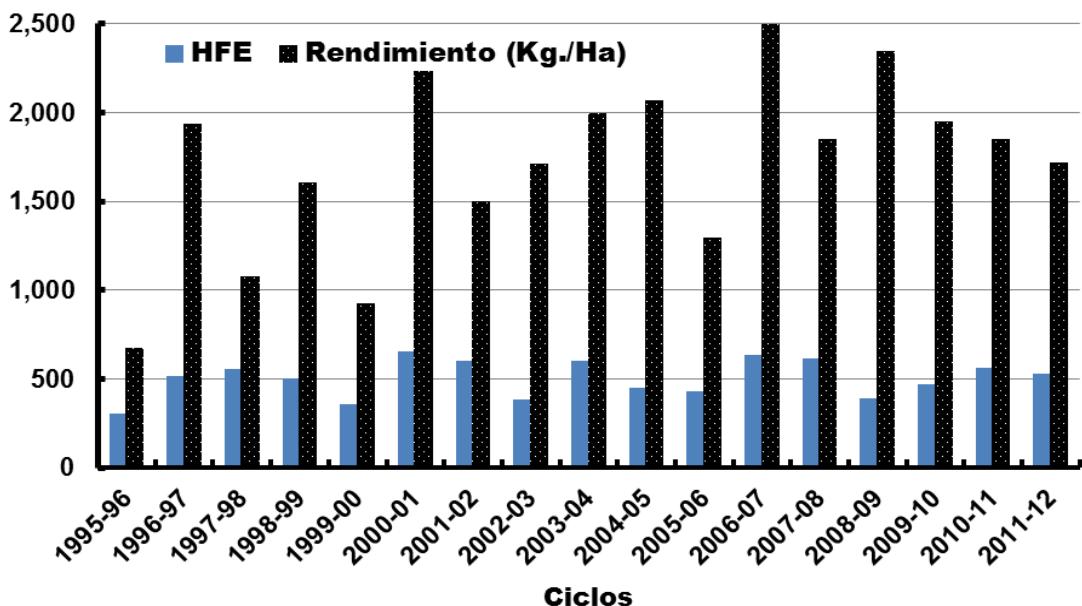


Figura 1. Acumulación de horas frío efectivo (HFE) del período noviembre-febrero y rendimientos obtenidos en varios ciclos de producción en la Costa de Hermosillo, Sonora.

En la Figura 2 se observa un análisis de regresión del número de horas frío efectivas (HFE), contra el rendimiento obtenido en algunos ciclos de producción de la región de Hermosillo, Sonora; donde puede observarse un aceptable nivel de correlación entre ellos, y que la relación es prácticamente lineal, ya que al aumentarse el número de horas frío se incrementa el rendimiento observado. La presencia de altas temperaturas ($>35^{\circ}\text{C}$) durante el ciclo vegetativo del cultivo, son detratamentales en algunas etapas, especialmente durante la floración (abril), las cuales pueden incidir en un pobre amarre de frutos en el racimo, ya que existe alto riesgo de que el polen se deshidrate. En la Figura 3 se puede observar la coincidencia de esas altas temperaturas de los años 1996, 2000 y 2006 con las bajas producciones obtenidas.

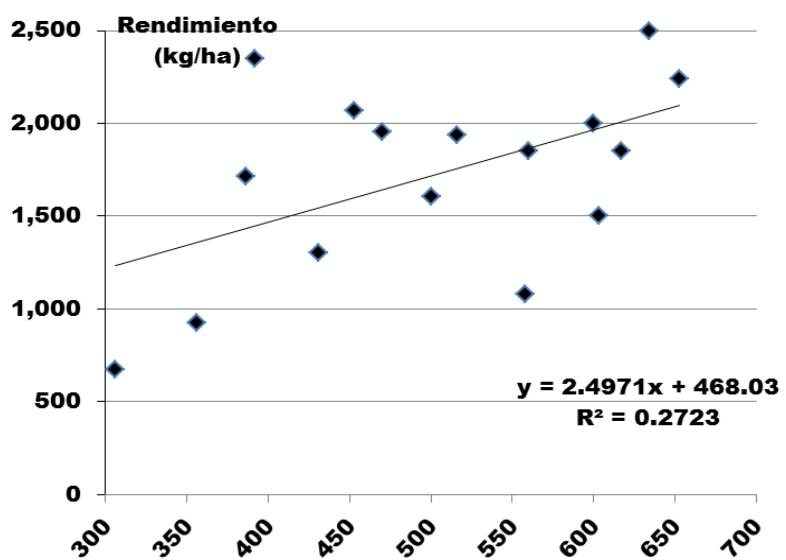


Figura 2. Análisis de regresión del número de horas frío (HFE) del período noviembre-febrero y el rendimiento obtenido.

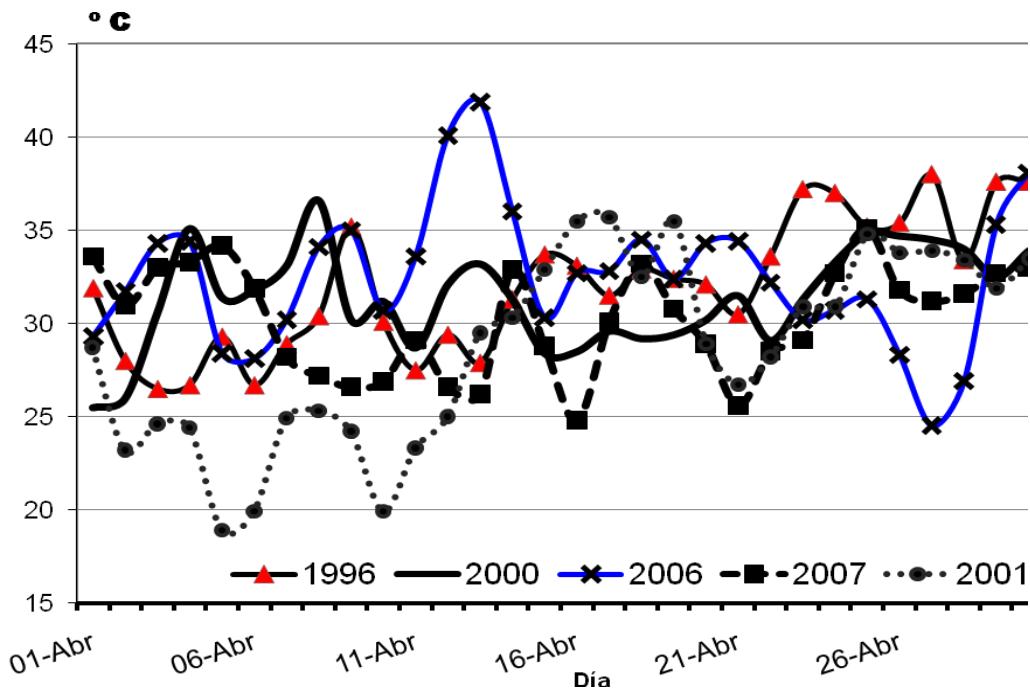


Figura 3. Temperaturas max-min durante abril en cinco ciclos del nogal.

Otra etapa importante del nogal es la diferenciación floral, la cual se presenta entre agosto y septiembre, por lo que la presencia de temperaturas superiores a los 40°C puede llegar a afectar el desarrollo adecuado e inciden en una menor floración en el año siguiente. Lo anterior, tal como se observa en la Figura 4 ocurrió en el 2005, lo que coincidió con una menor producción durante 2006, aunado por supuesto al fenómeno de alternancia.

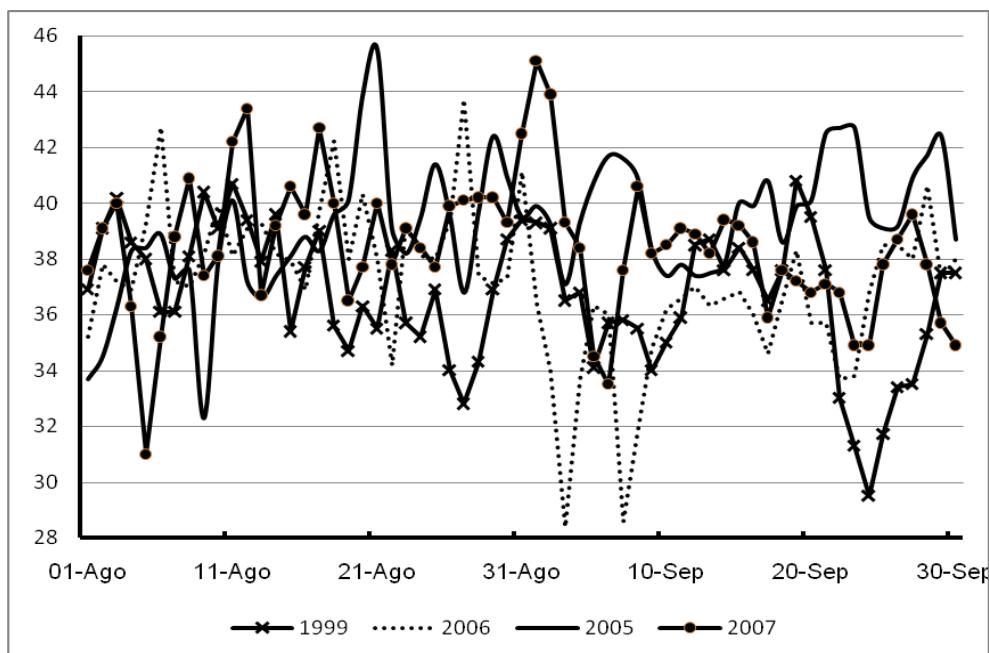


Figura 4. Temperaturas máx.-min en el período ago-sep de tres años de nogal.

Unidades calor (Grados día). Las Unidades Calor (UC) o Grados Día se definen como la integración de la curva de temperatura ambiental entre la temperatura crítica máxima y crítica mínima de crecimiento, las cuales definen el rango de temperatura donde el cultivo se desarrolla adecuadamente, fuera de ese rango, el cultivo detiene su crecimiento o muere (INIFAP, 2013). La mayoría de las plantas tienen valores fijos ya determinados de UC para cada etapa de desarrollo de la planta hasta madurez, lo cual permite estimar la duración de cada estado fenológico de un cultivo como base en la acumulación de UC y estimar su fecha aproximada de madurez fisiológica, lo cual permitirá programar actividades de manejo apropiadamente.

La fenología es el estudio del ciclo anual de las plantas y como ellas responden a los cambios estacionales de su ambiente. Las variedades existentes son muchas, considerándose clasificadas en tres grupos: las del este, oeste y norte de la zona nogalera de los Estados Unidos, de las cuales las que mejor se han adaptado en México, son las del este y oeste, por tener condiciones ambientales muy similares como son: baja humedad relativa, alta intensidad lumínica, suelos alcalinos, inviernos no muy fríos y veranos muy calientes. Existe una fuerte influencia de las condiciones climatológicas existentes en cada región, y las que se presentan año con año, sobre los fenómenos de receptibilidad de las flores femeninas, llenado del fruto y madurez fisiológica entre otras, por lo que se llevaron a cabo estudios para caracterizar algunas de las etapas fenológicas del nogal, utilizando la técnica de unidades calor, valor que es más estable para predecir etapas fenológicas en insectos y plantas.

Cuadro 1. Caracterización fenológica de cultivares de nogal pecanero mediante unidades calor, contabilizadas desde el 1 de enero.

Cultivar	Inicio de brotación		Floración masculina		Inicio fruto acuoso		Apertura del ruezno	
	Fecha	UC	Fecha	UC	Fecha	UC	Fecha	UC
Wichita	27-Mar	578	13-Abr	741	3-Jul	1931	12-Oct	3808
Western	29-Mar	601	15-Abr	764	9-Jul	2048	14-Oct	3833
Shoshoni	27-Mar	578	14-Abr	753	13-Jul	2130	10-Oct	3784
Rincón	27-Mar	578	16-Abr	775	8-Jul	2028	15-Oct	3848
Mahan	31-Mar	626	18-Abr	791	5-Ago	2595	21-Oct	3923
54	29-Mar	601	16-Abr	775	12-Jul	2110	13-Oct	3820
Harper	30-Mar	614	17-Abr	783	11-Jul	2090	13-Oct	3820
Cheyenne	29-Mar	601	18-Abr	791	14-Jul	2150	12-Oct	3808
Mig	29-Mar	601	19-Abr	800	20-Jul	2276	18-Oct	3885
Choctaw	31-Mar	626	21-Abr	821	12-Ago	2738	12-Oct	3808
Cherokee	30-Mar	614	20-Abr	810	15-Ago	2800	30-Sep	3640

Germinación de la nuez o viviparidad. La 'viviparidad' o germinación prematura de la semilla, es un fenómeno que se reporta en algunas especies cultivadas y consiste en la continuación del crecimiento de la semilla (germinación) al momento de alcanzar la maduración del fruto, aun cuando se encuentra en el seno de la planta madre. El fenómeno se ha reportado en nogal, mangle, maíz, trigo, maguey y otros (McCarty, 1995 citado por Lagarda, 2007). En nogal pecanero la viviparidad, ha sido reportada desde los inicios del cultivo, en regiones con climas calientes durante la época de maduración y cosecha. Se dice que altas temperaturas durante la noche, lo cual es común en las áreas bajas del desierto, afectan significativamente el rendimiento por este problema. Además, las altas temperaturas del día que se producen durante la madurez de la nuez dan como resultado un incremento en germinación de nueces (Kilby y Gibson, 1999). Parece ser que los cultivares 'Western Schley' y 'Wichita' son

genéticamente susceptibles y llegan a presentar una alta incidencia de viviparidad en éstas regiones de Sonora y también en Arizona, E.U. (Gibson *et al.*, 1999).

El grado de ocurrencia varía de año con año y entre variedades, ya que se observa que 'Wichita' es la que presenta mayor problema. La germinación prematura es más común en árboles con mayor vigor, mayor carga de cosecha y en huertas con manejo inadecuado del riego durante la maduración. El clima caliente y seco favorece la germinación de las nueces, ya que las temperaturas durante la época de maduración son altas tanto en el día como en la noche, situación que se conjuga con un retraso en la apertura del ruezno. Una vez que se germina la almendra toma un sabor amargo en el área donde se está desarrollando la radícula. Cuando la almendra se seca, el embrión y las áreas aledañas toman un color oscuro. Este desorden se le conoce como "descomposición del embrión". Se recomienda realizar la cosecha temprano para reducir este problema, ya que se ha observado que de existir las condiciones favorables, se llega a germinar hasta el 1% diario de la cosecha, lo cual "castiga" el precio que se le paga al productor y por supuesto reduce su ganancia neta. Este problema afecta grandemente la rentabilidad del nogal en Sonora y algunas regiones como la Comarca Lagunera.

En un estudio realizado en Sonora, durante los años 2007 y 2008, se obtuvieron datos de temperaturas mínimas del período del 15 de septiembre al 15 de octubre de cuatro estaciones meteorológicas automatizadas de la Costa de Hermosillo y una del Valle del Yaqui, para estar en concordancia con lo señalado por Lagarda (2007), que utiliza el nivel umbral de riesgo de 17°C para el cálculo de los días problemáticos. Se observó que en el Valle del Yaqui se obtuvieron 26 días con temperatura de riesgo con valores de germinación de 40.8% para Wichita y 17.3% para Western, mientras que en la Costa de Hermosillo se obtuvieron un promedio de 22 días de riesgo y valores de 12.2% para Wichita y 11.5% para Western, tal como se observa en el Cuadro 2.

El análisis de correlación entre las variables número de días de riesgo contra porcentaje de germinación arrojó un valor de r^2 de 0.61. Se confirmó que la Costa de Hermosillo, Sonora, es menos favorable para la presencia del problema, así como que el cultivar más susceptible es Wichita (17.9 vs. 12.6%). Para el ciclo 2008 (Cuadro 3), se observó que en el Valle del Yaqui en Sonora, se obtuvieron 28 días con temperatura de riesgo con valores de germinación promedio de 10.8% con 12.2% para Wichita y 9.4% para Western, mientras que en la Costa de Hermosillo se obtuvieron un promedio de 25 días de riesgo y valores de 9.7% para Wichita y 7.7% para Western.

El análisis de correlación entre las variables número de días de riesgo contra porcentaje de germinación arrojó un valor de r^2 de 0.73. Se confirmó que la Costa de Hermosillo es menos favorable para la presencia del problema que el Valle del Yaqui (10.8% vs. 8.7%), además de que se continuó observando que el cultivar Wichita es más susceptible que Western (10.2 vs. 8.0%).

Cuadro 2. Porcentajes de germinación obtenidos en huertas de Hermosillo y Valle del Yaqui. 2007.

Huertas	No. Días	Wichita	Western
Valle del Yaqui	26	40.8	17.3
Costa de Hillo-1	23	4.1	9
Costa de Hillo-2	22	16.7	12
Costa de Hillo-3	22	16.1	15.8
Costa de Hillo-4	21	12.0	9.1
Promedio entre variedades		17.9	12.6
Promedio Costa de Hermosillo		12.2	11.5

Cuadro 3. Porcentajes de germinación obtenidos en huertas de Hermosillo y Valle del Yaqui. 2008.

Huertas	Días con riesgo (No.)	Germinación (%)	
		Wichita	Western
Valle del Yaqui	28	12.2	9.4
Costa de Hillo-1	25	8.0	7.5
Costa de Hillo-3	25	12.3	5.9
Costa de Hillo-2	25	9.9	8.5
Costa de Hillo-4	25	8.6	8.9
Promedio entre variedades		10.2	8.0
Promedio Costa de Hermosillo		9.7	7.7

Plagas

Gusano barrenador de la nuez (*Acrobasis nuxvorella* Neunzig).

El gusano barrenador de la nuez (GBN), es una de las plagas más importantes del nogal a nivel mundial. En México el GBN llega a dañar más del 40% de la producción (Cortés, 1997; Nava y Ramírez, 2001) y puede ocasionar pérdidas de nuez de 317 a 705 kg/ha de fruta en un ciclo vegetativo (Aguirre y Harris, 1986). Utilizando la técnica de unidades calor, para estimar la fecha de aplicación contra la primera generación, se utilizó el método de Harris (1995) modificado por Nava (1994), el cual calcula las UC mediante el método residual con un umbral de 3.3 °C, y se necesita una acumulación de 1,638 UC a partir del 1 de enero.

En la Figura 5, se muestra un ejemplo de mapa de predicción para la primera aplicación del control químico, que de acuerdo a las temperaturas prevalecientes en el 2010, las fechas oscilaron entre el 13 de abril y 5 de mayo, de acuerdo a la ubicación de la huerta en relación con la estación meteorológica más cercana.

Predicción de generaciones de GBN bajo escenarios de cambio climático

Debido a que en la actualidad, el GBN sólo se encuentra presente en la región agrícola de la Costa de Hermosillo, se procedió a evaluar el posible cambio de la incidencia del gusano barrenador de la nuez bajo escenarios de cambio climático. Para esto se utilizó el modelo de la biología del insecto propuesto por Nava (1994), que usa la técnica de unidades calor para calcular el número de generaciones, mediante el método residual (Temperatura media - 3.3 °C).

Cada generación se obtuvo de un total de 907 UC acumuladas que corresponden al ciclo biológico del GBN (García, 1986). Se seleccionó el período entre enero y noviembre.

De acuerdo a los resultados obtenidos, puede observarse de acuerdo a las Figuras 6 al 8 con isolíneas de generaciones, que hay un incremento en el número de generaciones por un mayor número de unidades calor, observándose en la Figura 6 que la situación reciente (2010) de generaciones de GBN oscila en el rango de 4.9 a 6.0 con un promedio de 5.4, mientras que para los años 2020 (Figura 7) y 2050 (Figura 8), oscila entre 5.0 y 6.8 con promedio de 5.9, aunque para el 2050 es el mismo valor pero las regiones de alta incidencia (áreas amarillas y anaranjadas) serán mayores al 2020, es decir que se cubrirán mayores áreas de la zona productora de nogal, por lo cual si no se realizan campañas de erradicación o al menos supresión del insecto, se tendrán mayores problemas en su control lo cual incide en mayores costos de producción para el productor. Esto magnifica la importancia actual que debe dársele a las campañas fitosanitarias que realiza la Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo, que tiene como fin tratar de erradicar la plaga.

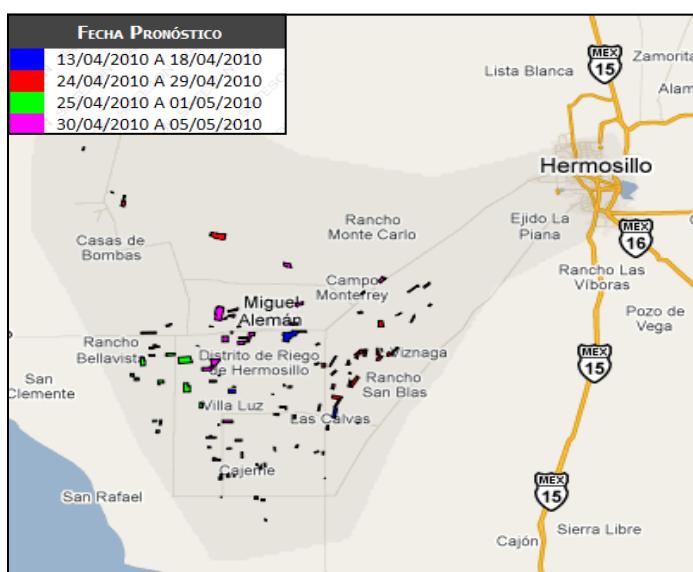


Figura 5. Mapa de predicción para la primer aplicación contra el GBN en la Costa de Hermosillo. 2010.

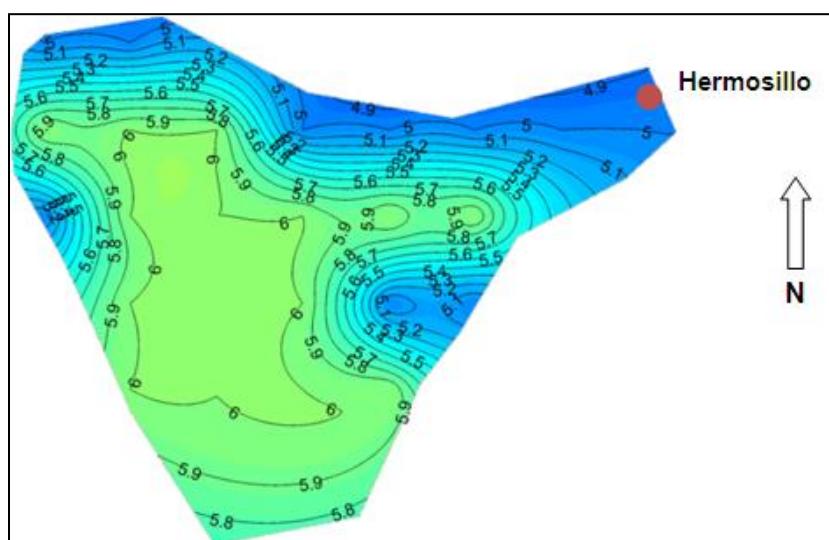


Figura 6. Mapa de generaciones de GBN en el año 2010. Costa de Hermosillo, Sonora.

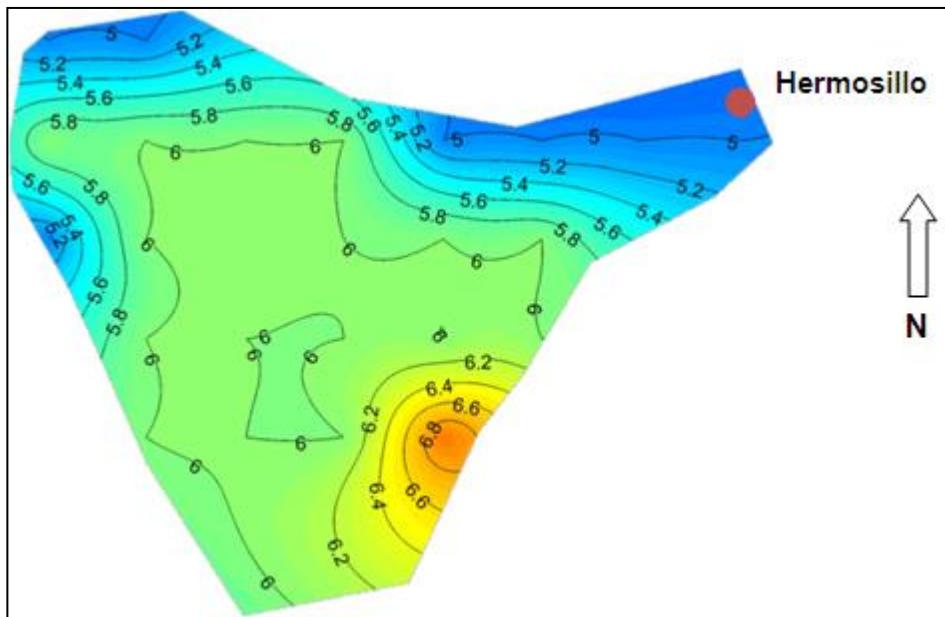


Figura 7. Mapa de generaciones de GBN para el escenario del año 2020. Costa de Hermosillo, Sonora.

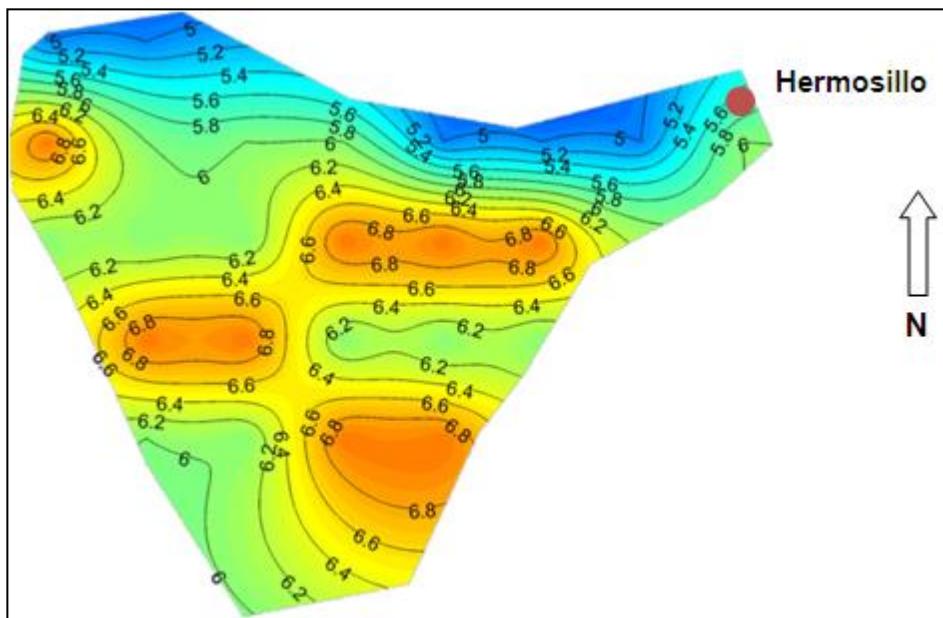


Figura 8. Mapa de generaciones de GBN para el escenario del año 2050. Costa de Hermosillo, Sonora.

EVAPOTRANSPIRACIÓN

Es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo. La mayoría de las redes meteorológicas de estaciones automatizadas, generan este valor automáticamente y las cuales se localizan en áreas donde la conservación del agua es de gran interés, y el principal propósito usado para justificar su instalación es proporcionar a los agricultores, información de la evapotranspiración potencial (ETo) para usarla con fines de calendarización

de los riegos. Existen evidencias en California, E.U., de que el mayor uso de ET₀ para la programación del riego, ocurre en frutales, viñedos y pastos.

Programación de riego en tiempo real

El uso del agua por el cultivo (ET_c) está gobernado por la demanda evaporativa de la atmósfera (ET₀), la cual a su vez depende de la radiación neta, velocidad del viento y humedad relativa principalmente. La ET₀ se calcula mediante la ecuación de Penman-Monteith y su valor lo proporcionan instantáneamente las estaciones meteorológicas, a través de un software computacional. La ET_c también está gobernada por las características del árbol del nogal (K_c), principalmente por la edad (asociada con la capacidad de absorción del sistema radical) y la etapa de crecimiento del cultivo (asociada también con el crecimiento de raíz, pero más con el área foliar). Matemáticamente estas relaciones se representan de la siguiente forma: ET_c = K_c x ET₀. El K_c característico del cultivo originado en determinada región, puede usarse en cualquier otra región, aun ambientalmente diferente, siempre y cuando su valor coincida fenológicamente en ambas regiones, aun resultando con menor o mayor durabilidad en días en una misma etapa fenológica. En el Cuadro 4, se presenta información obtenida por Valdez *et al.*, (2010), la cual sirve de base para la programación adecuada del riego. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la humedad también se deberá monitorear en el suelo con algún tipo de sensor, pero siempre buscando que no haya déficit en las diferentes etapas del cultivo.

Cuadro 4. Demandas de agua y coeficientes de cultivo (K_c) en huertas adultas (HA) y jóvenes (HJ) de Nogal en la Costa de Hermosillo.

Mes	Lámina de consumo (mm)				ET ₀ (mm)		K _c	
	Mensual		Acumulado					
	HA	HJ	HA	HJ	Mes	Acum.	HA	HJ
Enero	14.4	9.6	14.4	9.6	88.8	88.8	0.1	0.1
Febrero	14.4	9.6	28.8	19.2	114.3	203.1	0.1	0.1
Marzo	*111.6	86.4	140.4	105.6	174.7	377.8	0.4	0.2
Abril	90.0	60.8	230.4	166.4	192.5	570.3	0.5	0.3
Mayo	157.2	105.6	387.6	272.0	219.7	790.0	0.7	0.5
Junio	194.4	144.0	582.0	416.0	213.3	1,003.3	0.9	0.7
Julio	223.2	148.8	805.2	564.8	193.4	1,196.7	1.2	0.8
Agosto	223.2	148.8	1,028.4	713.6	177.9	1,374.6	1.2	0.8
Septiembre	190.8	120.0	1,219.2	833.6	174.5	1,549.1	1.2	0.7
Octubre	99.6	55.6	1,318.8	889.2	151.2	1,700.3	0.7	0.4
Noviembre	19.2	12.8	1,338.0	902.0	104.8	1,805.1	0.2	0.1
Diciembre	19.2	12.8	1,357.2	914.8	81.8	1,886.9	0.2	0.1

Fuente: Valdez *et al.*, (2010).

Literatura citada

- Aguirre, L.A. y M.K. Harris. 1986. Predicting biological events of the pecan nut casebearer using a degree-day model in Coahuila, Mexico. *Southwestern Entomologist* 11:263-268.
- Arreola, A. J.G. 2006. Importancia del reposo invernal y uso de compensadores de frío en nogal pecanero. *Memorias del 10º día del nogalero*. Cd. Delicias, Chih.
- Cortés O., D. 1997. Gusano barrenador de la nuez. In: Rodríguez del B., L. A. y Tarango R., S. H. (eds.). *Manejo Integrado de Plagas del Nogal*. INIFAP, C. E. Delicias. Chihuahua, Chih. pp. 203-218.
- Díaz, M.D. 1987. Requerimiento de frío en frutales caducifolios. Tema didáctico No. 2. SARH-INIFAP. Agosto de 1987. México, D.F. 54 pp.
- García S., C. 1986. Dinámica de población y combate del barrenador de la nuez *Acrobrasis nuxvorella* Neunzing, en la Región Lagunera. Publicación Especial Nº 23. 5º día del Nogalero, 1986. pp. 13 - 22.
- Gibson, R., L. Nunan and M. Kilby. 1999. Pecan yields and nut quality as influenced by soil trenching and tree pruning. University of Arizona College of Agriculture 1999 Citrus research report. Index at <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1138/>.
- Harris, M. K. 1995. Manejo Integral de Plagas. In: *Memorias del 3er. Simposio Internacional Nogalero, Nogatec 95*. Patronato para la Investigación y Producción de Nuez, A. C. Torreón, Coah. pp:30-38.
- INIFAP. 2013. Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/applications/ucalor.aspx>
- IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. P.2. Ginebra, Suiza.
- Kilby, M., and R. Gibson. 2000. Performance of mature pecan varieties in the Low Desert of Pinal County 1997-1999. Publication AZ1178: "2000 Citrus and Deciduous Fruit and Nut Research Report," College of Agriculture and Life Sciences, the University of Arizona, Tucson, Arizona, 85721.
- Lagarda, M.A. 2007. La germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad). Memoria del Seminario de Nogal Pecanero 2007. INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora.
- Nava C., U. 1994. Manejo Integrado de Plagas. En: Torres E., C. y Reyes J., I. (eds.). *El Nogal Pecanero*. CELALA, INIFAP. Matamoros, Coah. pp. 115-130.
- Nava C., U. y M. Ramírez D. 2001. Manejo integrado de plagas del nogal. Memoria de la XIII Semana Internacional de Agronomía. 5-7 de septiembre. FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. pp. 77-90.
- Nava, C.U. y M. Ramírez D. 2002. Manejo integrado de plagas del nogal. In: *Tecnología de producción en nogal pecanero*. Libro técnico No. 3. INIFAP-CELALA. Torreón, Coahuila.
- Osorio, A.G., D. Díaz M., y J. Siller C. 1987. Regulación de la brotación en vid bajo condiciones del desierto de Sonora. Folleto técnico No.14. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora. 71 pp.
- SNIDRUS-OEIDRUS. 2013. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Sonora. Sistema de información agroalimentaria. <http://www.oeidrus-sonora.gob.mx/>
- Urias, G.E. 2000. Acumulación de frío invernal en la región. In: Reunión Técnica sobre Nogal Pecanero. Diferenciación y fructificación. INIFAP-CECH. Hermosillo, Sonora. Documento impreso. P.10.
- Valdez, G.B., L.J. Durón N., J.E. Ortiz E., J.M. Ramírez D., y R. Sesma L. 2010. Ahorro de agua en huertas de Nogal Pecanero [(*Carya illinoensis* (Wangenh.) K.Koch] con apoyo de monitoreo de humedad. Artículo científico. Memoria del XI Simposio Internacional de Nogal Pecanero. INIFAP-CECH. Hermosillo, Sonora. Pp. 82-86.

Villalpando, J.F. 1981. Metodología de investigación en Agroclimatología. Curso de orientación para aspirantes a investigadores del INIP, INIF e INIA (tronco común). Documento de trabajo. SARH. México, D.F.

Villalpando, J. y Ruiz, A. C. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Libro técnico. Editorial Limusa, México, D.F. 133 p.

<http://ag.arizona.edu/pubs/garden/az1269/>

<http://www.starnursery.com/note.php?id=28>

EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA NUEZ EN EL NORTE DE MÉXICO

Edgardo Urías García

Asesor Técnico Particular. Hermosillo, Sonora.

Introducción

En el medio en el cuál se desarrolla el mercado del nogal es importante conocer con anticipación el grado de la nuez que vamos a comercializar, ya que en gran medida el precio al cuál podremos vender la cosecha depende de los estándares de calidad. La calidad de la nuez depende en gran medida del manejo agronómico y las condiciones ambientales en las cuáles se desarrolla una huerta nogalera. Las condiciones climáticas de una zona nogalera son difíciles de modificar, y se tiene que adaptar parte del manejo para obtener el mejor rango posible. Por ejemplo la cosecha en áreas donde las temperaturas son cálidas al momento de la madurez se tiene que hacer en verde y la calidad depende de la rapidez de la recolección y su manejo posterior como es secado y selección de nuez.

Por muchos años la calidad de la nuez dependía en gran parte de su rendimiento de carne o almendra, esto es, la parte comestible en una nuez. Este rendimiento se determinaba en base a tomar una muestra representativa de las nueces al momento de empacarse. Se analizaba y a criterio del comprador se hacía la clasificación de la almendra comestible y no comestible para llegar a un rendimiento del cual se llegaba a un precio en base a las anteriores características. A este valor de la nuez se le conoce comúnmente como “precio por punto”, que representa el 100% del valor de la almendra. Este precio por punto se multiplica por el rendimiento de la nuez y de esta forma obtenemos el precio de la nuez en cáscara por libra. Los descuentos más comunes en el valor de la nuez son:

- Germinación prematura
- Mitades con bajo rendimiento
- Daño por insectos
- Almendras obscuras
- Hongo o rancidez
- Corcho sobre almendra

El destino del mercado de las nueces hasta hace 10 años era, en el mercado de exportación y el mercado nacional, la industria del descascarado. Por lo tanto, la calidad dependía en gran medida del rendimiento de la almendra, su color y el tamaño. En los últimos 10 años surge un mercado que hasta entonces no era significativo: China. Este mercado vino a cambiar enormemente la industria nogalera, ya que la demanda pasó a ser de alrededor del 25% de la producción mundial. El último año se estima que se tuvo una importación de nueces pecaneras hacia China de 110 millones de libras, dándole una importancia económica a esta industria ya que al aumentar la demanda de las nueces, se vio reflejada en mejores precios.

Sin embargo, el mercado chino está exigiendo características en la nuez que cambian los estándares de calidad, pasando a ser el tamaño de la nuez uno de los requisitos más importantes. Eso se ve reflejado al momento de hacer sus compras, ya que buscan el menor número de nueces por libra. En este artículo se hará mención de las características de calidad en base al tamaño de las diferentes zonas nogaleras del norte de México y como han sido influenciadas por las condiciones climáticas, principalmente por la falta de agua, consecuencia de la prolongada sequía que han sufrido todas las zonas productoras de nuez del norte de

México. A continuación se muestran algunas tablas donde se ejemplifica la situación de algunas zonas y la clasificación de los tamaños de la nuez.

TAMAÑO	NUECES x Kg
Super Grande	Menos 121
Extra Grande	122 – 138
Grande	139 - 170
Mediana	171 - 209
Pequeña	210 - 264

- Mercado chino menor de 140 nueces x kg.

ANTES DE CHINA	DESPUÉS DE CHINA
Rendimiento	Tamaño
Color	Rendimiento
Tamaño	Color

IMPORTACIÓN DE NUEZ (LIBRAS)	
2010	80,000,000
2011	70,000,000
2012	100,000,000

AÑO	NUECES X LIBRA	NUECES X 300 GRAMOS	RENDIMIENTO %
1987 - 1991	70 - 76	46 - 50	54% - 57%
1993 - 1997	76 - 85	50 - 56	48% - 54%
Últimos años	79 - 88	52 - 58	42% - 52%

AÑO	NUECES X LIBRA	NUECES X 300 GRAMOS
1987 - 1991	66 - 74	44 - 48
1993 - 1997	70 - 79	46 - 52
Últimos años	79 - 88	53 - 58

HUERTA	NUECES X LIBRA	NUECES X 300 GRAMOS
#1	89	59
#2	103	68
#3	121	80

TAMAÑO	NUECES X LIBRA	NUECES X 300 GRAMOS
GRANDES	63 – 65	42 – 43
MEDIANAS	70 – 73	47 – 48
CHICAS	82 – 86	54 - 57

HUERTA	NUECES X LIBRA	NUECES X 300 GRAMOS
#1 (1.50 lámina de riego)	62 - 67	41 - 44
#2 (1.20 lámina de riego)	86 - 91	57 - 60

HUERTA	NUECES X LIBRA	NUECES X 300 GRAMOS
#1	70 - 74	46 – 49
#2	76 – 82	50 – 54
#3 (15 de abril)	91 - 94	60 - 62

HUERTA RANCHITO		
AÑO	Nueces por libra	Nueces por 300 gramos
2010	68 – 73	45 – 48
2012 (Sin agua 20 días en mayo)	91 – 94	60 – 62

AÑO	NUECES X LIBRA	NUECES X 300 GRAMOS
1987 - 1991	66 – 76	44 – 50
1993 – 1997	73 – 82	48 – 54
Últimos años	80 - 91	53 - 60

TIPO RIEGO	NUECES X LIBRA	NUECES X 300 GRAMOS
Riego presa	68 - 72	45 - 48
Riego Pozo	80 - 92	53 - 61

AÑO	NUECES X LIBRA	NUECES X 300 GRAMOS	RENDIMIENTO %
1987 - 1991	66 - 72	44 - 48	57% - 60%
1993 – 1997	72 – 80	48 – 53	50% - 53%
Últimos años	79 - 88	52 - 58	45% - 52%

WICHITA – NÚMERO DE NUECES

Porcentaje - %	Por libra	Por 300 gramos
27%	<50	33
66%	50 – 60	34 – 39
7%	>60	>40

WESTERN – NÚMERO DE NUECES

Porcentaje - %	Por libra	Por 300 gramos
52%	48 – 60	31 - 39
30%	61 – 65	40 - 43
9%	66 – 70	44 - 46
9%	71 - 80	47 – 52

	MITADES	PEDAZOS
Últimos 5 años	58% – 64%	42 %– 36%
Antes de 2007	75%	25%
Manual	85%	15%

PRESENTACIÓN	PRECIO (U.S.D.)
Pedazo	\$ 2.20 USD
Mitades	\$ 3.80 USD

USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO DURANTE LA BROTAÇÃO DEL NOGAL

J. Humberto Núñez Moreno¹, Arnulfo Márquez Cervantes², Gerardo Martínez Díaz¹,
José Grageda Grageda¹

¹INIFAP-Campo Experimental Costa de Hermosillo, Hermosillo, Sonora, México. ²INIFAP-Campo
Experimental Norman E. Bourlaug. Cd. Obregón, Sonora.
nunez.humberto@inifap.gob.mx

Resumen

El presente estudio se realizó para evaluar el efecto de la aplicación de bioreguladores de crecimiento en el rendimiento de nuez con cáscara en nogal 'Wichita' y 'Western Schley' durante los ciclos 2010 y 2011. Se evaluaron cinco tratamientos: Biozyme TF (1 L por ha), Biofrut, (300 g por ha), Dropp (20 ml y 10 ml por ha), Cultar (8 ml por árbol) y Testigo. Se realizaron dos aspersiones foliares, el 28 de marzo y el 10 de abril, utilizando la misma dosis. La excepción fue el tratamiento Cultar, donde se realizó una sola aplicación al suelo durante la brotación. Los tratamientos se aplicaron en cuatro árboles consecutivos en una hilera y se evaluó el rendimiento de los dos árboles centrales. En el cultivar 'Wichita' en 2010 el rendimiento fue de 1095 kg por ha en el tratamiento Testigo, mientras que en los tratamientos foliares osciló de 1992 a 2133 kg por ha. En 2011, En el segundo año, cuando se esperaba alta producción, el rendimiento no fue afectado. El rendimiento acumulado en 'Wichita', el cual fue de 2969 Kg por ha en el Testigo, mientras que en el resto de los tratamientos fue de 4037 a 4690 kg por ha en los tratamientos foliares. En el cultivar 'Western' no se tuvieron incrementos en el rendimiento por la aplicación de los tratamientos. El mayor efecto en rendimiento se obtuvo en 'Wichita'.

Introducción

El modelo propuesto por Wood en 2011, para la formación de flores incluye tres componentes, una relación de fitohormonas que evoca iniciación floral femenina en primavera, un nivel alto de carbohidratos durante el otoño y una presencia de frío invernal. El resultado de la interacción entre estos componentes del modelo es incierto. Por ejemplo, el nogal en la Costa de Hermosillo, donde el invierno es cálido y seco, la vernalización puede llegar a ser casi nula. En esta región se presentan alrededor de 142 a 232 horas frío utilizando el método de Da Mota (1957), el cual toma como temperatura umbral 7.2°C. En años en que se presentan acumulaciones menores a 150 horas frío, el rendimiento de nuez se reduce a nivel regional hasta en un 50% (Núñez et al., 2012). Sin embargo, cuando se tiene una acumulación promedio, y la reserva de carbohidratos es alta, los rendimientos pueden ser aceptables.

La yema terminal permanece vegetativa hasta la brotación cuando las escamas internas de la yema empiezan a soltarse (Wetzstein y Sparks, 1983). Este es el momento crucial para que la yema vegetativa inicie la formación de una yema floral. Alto nivel de carbohidratos y vernalización adecuada en una yema con evocación floral se puede traducir en una yema floral.

Un estímulo en el crecimiento vegetativo con reguladores de crecimiento del tipo de los promotores o inhibidores, puede afectar el nivel de fructificación. El objetivo del presente estudio es el de evaluar el efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento aplicados al inicio de la brotación.

Metodología

Este estudio se realizó en la Costa de Hermosillo localizada en las coordenadas 29° latitud norte y 119° longitud oeste. Se utilizó una huerta adulta (~40 años) de nogal del campo agrícola

“Perseverancia” en dos cultivares, ‘Western Schley’ y ‘Wichita’ durante 2010 y 2011. El sistema de riego utilizado es de goteo enterrado a 40 cm y a una distancia de 1.50 y 2.50 m, en cada lado del tronco, es decir, cuatro mangueras por hilera de árboles. De acuerdo al ciclo bianual de alternancia, se esperaba un año bajo de producción. Los árboles fueron plantados en un diseño de marco real a 10 m de distancia y hace 10 años, cuando el dosel de los árboles se entrecruzó, se eliminó un árbol alternadamente dentro de una hilera en hileras alternadas. Es decir, la distancia entre árboles en una hilera es de 10 m y en la siguiente es de 20 m, y así consecutivamente. La densidad final fue de 75 árboles por ha. El estudio se realizó en las hileras con separación entre árboles a 10 m.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Biozyme TF, en dos aplicaciones, en dosis de 1 L por ha cada una.
2. Biofrut en dos aplicaciones, en dosis de 300 g por ha cada una
3. Dropp en dos aplicaciones, de 20 ml por ha y 10 ml por ha, en la primera y segunda aplicación, respectivamente.
4. Cultar, una aplicación en dosis de 8 ml por árbol.
5. Testigo sin aplicación.

Todas las dosis son de material comercial.

Los tratamientos fueron aplicados foliarmente a excepción del tratamiento Cultar, el cual se aplicó al suelo en 2011. El volumen de la solución a asperjar fue de 1800 L por ha y se agregó un adherente en una concentración de 0.05%. Las fechas de aplicación fue el 28 de marzo cuando el brote tenía de 2.5 a 3.5 cm de longitud. La segunda aplicación se realizó el 10 de abril.

Se realizaron dos estudios, uno para cada cultivar. El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones con tres repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro árboles consecutivos en una hilera y la unidad experimental fueron los dos árboles centrales.

Las variables evaluadas fueron rendimiento y rendimiento acumulado en dos años.

Resultados

En la Figura 1 se presentan los resultados de la aplicación en 2010 y 2011 en el cultivar ‘Wichita’. En 2010 el rendimiento fue de 1095 kg por ha en el tratamiento Testigo, mientras que en los tratamientos foliares osciló de 1992 a 2133 kg por ha. En 2011, el rendimiento osciló de 1874 a 2302. En este año de alta producción, las diferencias fueron no significativas. En la Figura 2, se muestra el rendimiento acumulado en ‘Wichita’, el cual fue de 2969 Kg por ha en el Testigo, mientras que en el resto de los tratamientos fue de 4037 a 4690 kg por ha en los tratamientos foliares.

En la figura 3, se muestra el rendimiento anual en el cultivar ‘Western Schley’. En 2010 el rendimiento osciló de 566 kg por ha en el cultivar Biozyme TF, mientras que en los tratamientos Testigo, Biofrut y Dropp fue desde 984 a 1173 kg por ha. En 2011, el rendimiento osciló de 2246 a 3160. El rendimiento acumulado de dos años, osciló de 3230 a 3726 kg por ha.

El mayor efecto en rendimiento fue obtenido en ‘Wichita’. Esto puede estar relacionado con el hábito de diferenciación floral entre las variedades de tipo 1 y tipo 2. ‘Wichita’ presenta un hábito de floración de tipo 2. Es necesario continuar con este estudio por al menos un año más

para conocer el efecto a largo plazo en los dos cultivares y determinar el efecto en años de alto y bajo rendimiento.

Literatura citada

- Núñez, H, J Grageda, G Martínez, J Arreola y A Márquez. 2012. Dormancy weather conditions on commercial nut yield of pecans growing under subtropical conditions. HortScience. 47:S272.
- Wetzstein, Y y D Sparks. 1983. The morphology of pistillate flower differentiation in pecan. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:997-1003.
- Wood, BW. 2011. Influence of plant biorregulators on pecan flowering and implications for regulation of pistillate flower initiation. HortScience. 46:870-877.

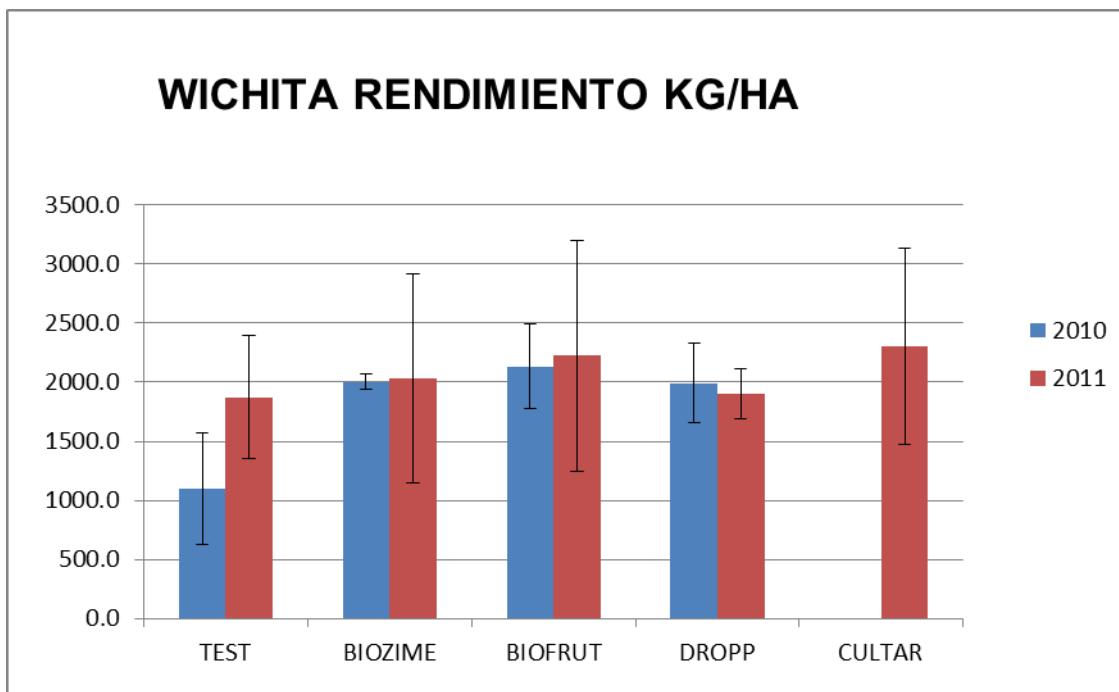


Figura 1. Rendimiento anual de nuez con cáscara en Wichita en dos años.

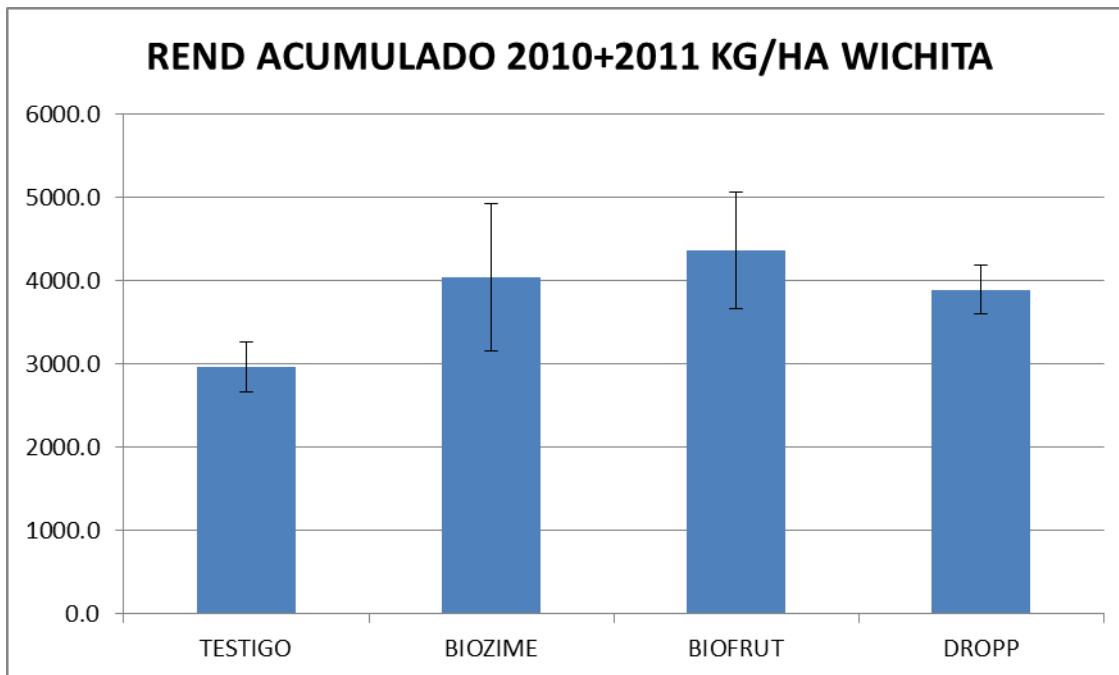


Figura 2. Rendimiento acumulado de nuez con cáscara en 'Wichita'

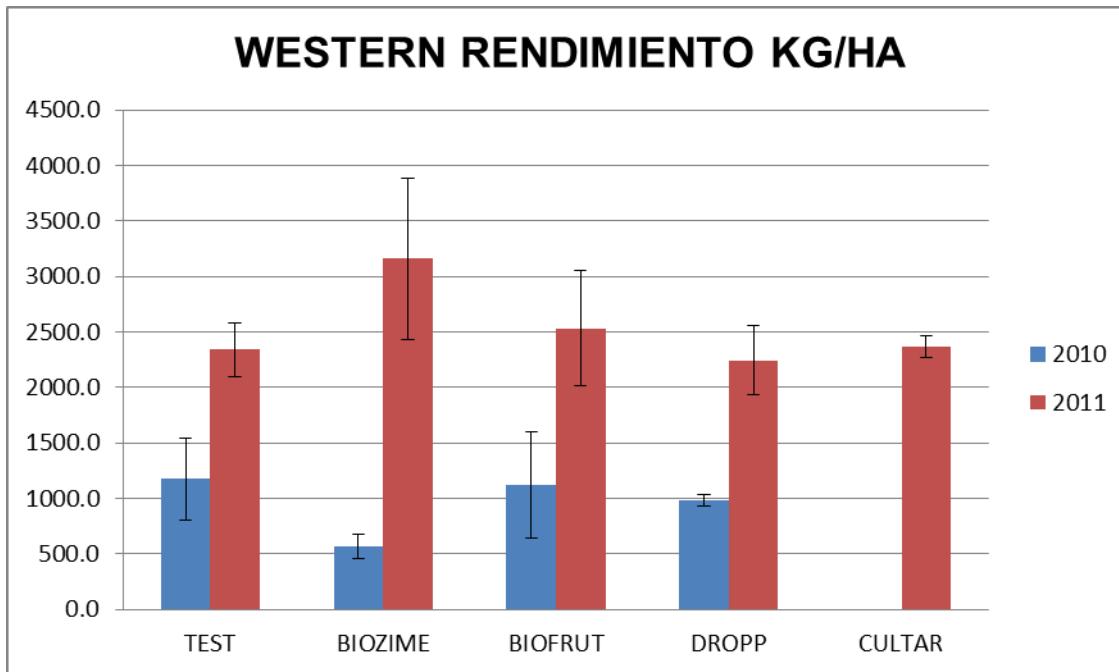


Figura 3. Rendimiento anual de nuez con cáscara en 'Western Schley' en dos años.

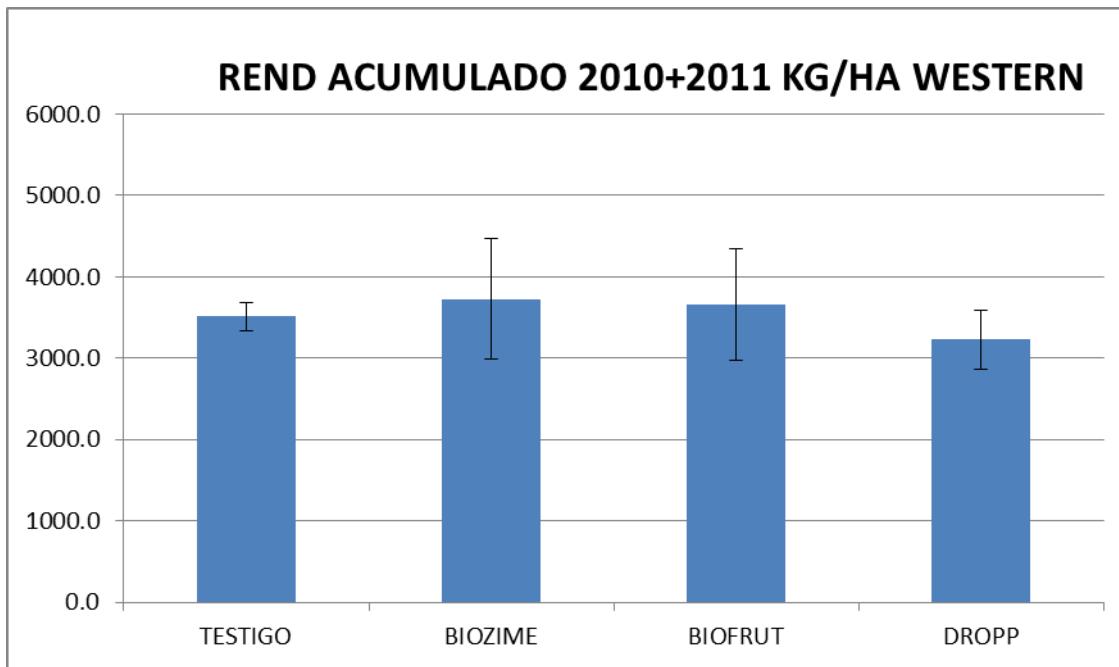


Figura 4. Rendimiento acumulado de nuez con cáscara en 'Western Schley'

NITROGEN DEFICIENCY IMPACTS ON PHOTOSYNTHESIS DURING PECAN KERNEL FILL & MODERN GUIDELINES FOR NITROGEN FERTILIZATION IN PECAN ORCHARDS

Richard Heerema

Extension Pecan Specialist. New Mexico State University. Las Cruces, NM.

To maximize orchard profitability and sustainability every pecan producer must consider their nitrogen (N) fertilizer source, total annual N application rate, timing of N applications, and placement of N applications. This presentation will discuss these four important considerations as well as results of a New Mexico State University stress physiology study conducted in Las Cruces, NM showing the relationships between N nutrition and photosynthesis during the kernel fill stage.

Nitrogen source

While there may be some direct uptake of organic N forms (e.g., amino acids), pecan roots take up the bulk of their N from the soil as nitrate (NO_3^-) or ammonium (NH_4^+). These inorganic N forms may arise from mineralization of organic N, lightning fixation, application of inorganic N fertilizers, or a number of other processes.

Commercial N fertilizers are generally classified as nitrate or ammonium containing fertilizers (urea, when broken down, delivers ammonium cations to the soil, and is therefore often classified as an ammonium type N fertilizer). Nitrate is the dominant form in soils. This is true even when only ammonium-based fertilizers are used, because ammonium is converted rapidly by microbes first to nitrite and then to nitrate ("nitrification").

Ammonium fertilizers can acidify non-buffered soils, but this is not really a major concern in many pecan-growing areas of the western US or western Mexico where highly buffered calcareous soils dominate. Unlike ammonium, nitrate has a negative charge which increases its risk for leaching through the soil profile below the tree root zone and into the groundwater. Leaching negatively impacts both orchard profitability and environmental quality. Nitrate may be a less preferred N source in western-region pecan orchards, because nitrate, more than ammonium, seems to stimulate excessive vegetative growth at the expense of nut production.

Growers may also supply their trees with N from some non-fertilizer sources. For example, legume cover crops planted between tree rows can potentially supply 50-100 pounds (23-45 kg) of N per acre annually. Managing legume cover crops for optimal N fixation, however, can be difficult because of variable light environment in orchards and a negative response of legume N fixation rate when supplemental N fertilizer applications are made.

Manures and composts are often used like fertilizers, but they have relatively low N content (<2%) and must be applied at very high rates to supply significant amounts of N. With manures and composts, it is also important to consider two other things: usually only part (<20%) is available for plant uptake in the first year (as opposed to most synthetic fertilizers where 100% of the N is plant available as soon as it is applied) and some manures/composts can contain injurious levels of salts for pecan orchards. It is wise to have laboratory analyses for manures and composts prior to orchard application to know the total N that it contains, the carbon to N ratio, and the salt content.

Nitrogen fertilizer application rate

The ideal N application rate varies among orchards depending on tree size, tree age, soil type, and crop load. Always use the leaf tissue N concentration of July-sampled leaves to determine tree N nutrition—use this to base your N application rate decisions. It should be your goal to maintain leaf N within the range of 2.5-3.0%.

For bearing trees, N application rate should increase with increasing expected yields. The common rule used by the pecan industry in the US is “apply 100 lbs. N for every 1000 lbs. of expected inshell crop”. Since this rule takes into account the crop demand for N, it is perhaps a good starting point in orchards where the manager does not have records of yield, past N application rates, and leaf nutrient analyses. However this rule would result in over-application of N over the long term in many pecan orchards. Leaf tissue N concentrations can be used to refine the application rate, especially after a grower has a few years of experience with a particular orchard and has kept good records.

For non-bearing trees a simple rule of thumb is $\frac{1}{4}$ pound (0.11 kg) actual N per year per inch (2.5 cm) trunk diameter—but, again, it is important to use leaf analyses to adjust this rate up or down accordingly. Young trees respond very quickly N applications and excess N can increase risk of freeze injury with the first autumn freeze in areas where killing frosts can come early.

When considering N application rates, remember that some irrigation water contains nitrate. Be sure to analyze your well water for nitrate so that you can include N from irrigation water in your annual total N rate calculations.

Nitrogen fertilizer application time

Tree N uptake efficiency is increased if applications are made multiple times in the season in smaller doses. And efficiency can be further enhanced by timing applications to the periods of highest N demand by the tree. For bearing pecan trees the periods of highest N demand are the first part of the season when the leaves and shoots are growing rapidly (April through June) and the end of the season when kernels are filling (September-October for ‘Western’ and ‘Wichita’; earlier for ‘Pawnee’).

In orchards with moderate to severe alternate bearing, apply all of the total planned N for the year during the early stage in ‘Off’ seasons. In ‘On’ years apply 4/6 or 5/6 of the total planned N for the year during the early stage. Then if leaf analyses show low or marginal N concentration in July and crop retention is high, make one or two additional N applications during kernel fill to supply the growing pecan nuts and set the trees up with storage N for the subsequent growing spring. In high production orchards with regular bearing patterns, consider making kernel fill applications whenever the leaf analyses justify it.

If insufficient N is available at kernel fill, data from a study conducted at New Mexico State University have suggested that N is remobilized from leaves, especially on shoots with fruit clusters, to help meet kernel N demands. Reduction in leaf N during kernel fill stage in our study resulted in leaf photosynthesis rates dropping to near zero late in the season on fruiting shoots on N deficient ‘Western’ pecan trees.

In immature, non-bearing trees be sure to make all N applications before July. Late N applications in young orchards can increase the risk for fall freeze injury. This is perhaps a lesser concern for warmer growing areas where fall freezes tend to be mild and late.

Nitrogen fertilizer placement

In mature orchards where a vegetation-free herbicide strip is maintained in the tree row, banding N fertilizers near the tree row is preferable to broadcast application in order to minimize competition for the N by orchard floor vegetation. In orchards that have pressurized irrigation systems that wet only part of the orchard floor, it is place the N fertilizers within the wetted areas. The simplest and most effective way to ensure that the fertilizers are placed only within wetted areas of the orchard floor and deliver the N right to feeder roots is to inject the fertilizer into the pressurized irrigation system (fertigation). Fertigation has the additional benefit of supplying N more uniformly across orchard blocks than as a broadcast application.

There are always additional considerations with younger trees where the root system has explored a smaller soil volume. With small trees it is important to place the soil-applied fertilizers within the reach of the smaller tree root system—but not right up against the trunk where it can damage tender bark tissues.

MANAGING PECAN ALTERNATE BEARING AND VIVIPARITY

Bruce W. Wood

U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service. Byron, GA.USA.

Pecan is not yet a fully domesticated species. The performance of cultivated trees in orchards is still dominated by traits that are characteristics to wild tree, but yet are traits that are a detriment to pecan horticulture. Two of these traits are a) alternate bearing and b) pre-harvest sprouting (vivipary). Both maladies present pecan farmers with a great deal of frustration and loss of production efficiency. A brief commentary on how to deal with these maladies is discussed below.

Alternate bearing

The alternate bearing problem is exhibited to some degree by all cultivars and is accentuated by weather related stresses (e.g., drought, late spring or early autumn freezes, excessive cloud cover) and by various biological (e.g., aphids and mites, and pathogens) and site stress factors (e.g., poor irrigation or poor mineral nutrition). Alternate bearing is typically the most important 'biological' problem faced by pecan farmers. Natural selection operating over evolutionary time has produced pecan as an economically important species that exhibits pronounced biennial-like alternations in seed production as a strategy for ensuring long-term reproductive success of the species. This year-to-year variation in flowering, and subsequent crop-load, is termed alternate bearing (i.e., AB). While AB linked variation in flowering likely increases individual fitness in natural habitats, it is a major impediment to greater horticultural domestication, and is the primary biology-based impediment to horticultural enterprises. Excessive year-to-year variability in flowering limits tree and orchard profitability; thus, adversely affecting producers, processors and consumers via instabilities in nutmeat supply, quality and price. While the specific processes regulating AB in pecan remain somewhat ambiguous, the trait tightly links to floral initiation processes occurring within bud meristems within the tree's canopy.

Horticultural manipulation of flowering and mitigation of AB in commercial pecan orchards currently targets efforts or strategies that minimize tree stress, with orchard management strategies directly or indirectly targeting key exogenous biotic and abiotic stressors. These include sunlight, nutrient elements, and water as essential resources; and pathogens, arthropods, and weeds as potentially harmful pests. Crop-load thinning prior to, or at the time of, inception of kernel (i.e., primarily cotyledon) filling of developing seeds also acts to moderate AB by increasing subsequent year flowering. This fruit/seed association implicates one or more seed-associated phloem mobile phytohormones in regulation of floral initiation (i.e., the production of meristems of clearly recognizable flower primordia, and includes all preceding reactions that are required if flowers are to be initiated).

Regulation of floral initiation in trees depends on processing of environmental and/or endogenous cues, with initiation in most large-seeded temperate woody perennial angiosperms being primarily controlled by endogenous cues consistent with processing via an autonomous flowering pathway involving phytohormones. Floral initiation in pecan is therefore likely to involve an autonomous flowering pathway as a key step in its floral initiation process. As with many other tree-fruit species, florally induced bud primordia on heavy crop-load trees (i.e., "on" year of alternate bearing cycle) are likely exposed to different phytohormonal environments than are primordia of induced buds on light crop-load trees (i.e., "off" year of alternate bearing cycle). The dominating role of phytohormones appears to diminish with shoot length, with hormones produced by developing fruit being major inhibitors of flowering in short shoots (e.g., about 8 cm

or less). In longer shoots, the role of carbohydrates becomes more pronounced. This raises the possibility that timely application of phytohormones or bioregulators to tree canopies might alter the phytohormonal environment of primordia in such a way as to enable control of flowering by pecan farmers, but no such protocol has yet been developed to the point that it is commercially usable.

The efficacy and horticultural potential of bioregulators to control the “on” and “off” flowering phases of pecan trees has not been developed despite considerable circumstantial evidence that endogenous phytohormones are involved in floral initiation processes. A variety of natural and synthetic bioregulators are efficacious for control of floral initiation processes in several polycarpic perennial crops, as well as for pecan, and involve timely usage of floral promoters [generally ethephon and prohexadione-Ca (P-Ca); and naphthaleneacetic acid (NAA) or gibberellin A3 (GA3) in certain situations in “on” years to promote return flowering the following “off” year, and usage of floral inhibitors [gibberellic acids (GA_{3, 4, 7}); and auxin analogues (e.g., NAA), in certain cases] in “off” years to decrease subsequent year flowering. Commercial pecan production enterprises need better horticultural tools for managing flowering and AB. Successful development and exploitation of such tools depends on acquiring better understanding of floral initiation processes operating in pecan.

It appears that pistillate flower initiation in pecan involves three distinct phases of chromatin (i.e., DNA, RNA, and affiliated proteins) modification before new flowers appear in early spring. It appears that in pecan there are three sequential phases of chromatin modification controlling flower initiation, beginning with a) a foliage produced phloem translocated florigen acting as a first-level-signal to initiate phase-one chromatin modifying inductive processes in young bud primordia; b) then phase-two chromatin modification regulated by translocated phytohormones, from foliage and/or fruit, acting in the primordia environment during early post-induction as a “cytokinin-gibberellin ratio” based second-level-signal subject to modulation by auxin and ethylene, and c) an finally phase-three chromatin modification regulated by concentration of one or more non-structural carbohydrates (e.g. sucrose) acting in the primordia environment during vernalization as a third-level-signal enabling floral development in preparation for anthesis. Circumstantial evidence indicates that the above described process is very much influenced by assimilate and nutrient stress, with special emphasis on certain forms of nitrogen and also certain forms of carbohydrates held in storage pools.

Managing alternate bearing

From the practical standpoint of the pecan farmer the best solution for controlling alternate bearing is a) grow cultivars that are not so prone to AB, and b) to manage trees in such a way so as to minimize tree stress and excessive cropping. This abstract focuses on the latter—i.e., managing trees to minimize tree stress and excessive cropping.

Minimize Physiological Stress to Trees. Pecan trees need plenty of water, sunlight, and mineral nutrients at key growth phases if they are to produce a substantial crop of flowers the following year. Tree canopies should be maintained in good health to ensure leaf longevity is as great as possible. There are many mineral elements that influence tree health and stress, with any of the macro- and micro-nutrients being able to stress trees in such a way as to reduce return flowering. However, the most likely elements to be a problem are nitrogen, sulfur, phosphorus, potassium, zinc, iron, boron, and nickel, but this can vary a great deal depending on orchard site characteristics. For example, fertilization of trees with nitrogen forms that favor increased endogenous availability of ammonium (compared to nitrate) increases the tendency of trees to fruit. Large one-time application of fertilizer-N, regardless of N-form, typically results in rapid conversion to nitrate-N in the soil (after 2-3 weeks) and then luxury consumption of nitrate

by the tree, which then favors vegetative over reproductive growth. Trees fruit best when exposed to small amounts of ammonium-N over the growing season. Both ammonium sulfate and urea are sources of ammonium-N. Urea converts to ammonium in the soil, if soil applied, and if foliar applied, it is easily absorbed by foliage and converts to ammonium-N within the plant if nickel nutrition is sufficient. So, from the above, growers can substantially manage alternate bearing in pecan trees if they manage all stressing factors simultaneously. Focusing on one stressor (e.g., water) while ignoring others (e.g., nutrient deficiency, shading, wrong N form, defoliating pests, mechanical crop-load thinning, etc.) will result in disappointment.

Pecan trees evolved in a soil environment where almost all essential nutrients were readily available for uptake by roots. These trees therefore have a relatively high nutrient requirement for all essential nutrient elements, and probably for several elements that are more appropriately classified as 'beneficial'. There is much that merits discussion regarding tree mineral nutrient health, but space here does not lend itself to such a discussion. See Table 1 below for sufficiency concentrations used by most US pecan farmers for nutrient management goals. Farmers need to pay close attention to ensuring that nutrient sufficiency levels are maintained. Because nutrient deficiencies can have long-term adverse side-effects on tree health and subsequent year flowering, it is important to correct nutrient issues 'prior' to their appearance rather than waiting until they show up and then trying to correct. This approach is different than that for annual crops where one typically waits until the deficiency becomes visible before it is corrected. Most micronutrients are best applied via foliar sprays during canopy expansion, with urea added to enhance absorption. These sprays are best applied at night, or prior to about 8 a.m. in the morning, if micronutrient absorption into foliage is to optimized. N, P, K and S are usually best supplied via soil banding if soils are acidic or fertigation if slight alkaline. Broadcasting of most nutrient elements is a low efficiency means of meeting tree needs, and is not usually the best application option. Late season canopy retention is critical for tree remobilization of N and P, which are in turn critical to return flowering.

It is critical to ensure that young expanding canopies have access to all nutrient elements during that part of the growth phase when canopies are being deployed and the assimilatory and metabolic machinery is being put into place within tree organs. Once canopies are expanded, it is usually too late to address most nutrient deficiencies without incurring substantial physiological costs; hence, it is important to ensure that tree canopies receive the necessary micronutrients during canopy expansion as they act as cofactors for enabling activation of thousands of enzymes the tree will need for normal growth and development. Additionally, good tree K nutrition is important during this time, or trees will drop a lot of fruit about a month after flowering if K is sufficiently low. One of the best ways to ensure good tree nutrient element health is to ensure moist soils. This is especially important during canopy expansion and during kernel filling. If soils are too dry during kernel filling, then the fruit will pull needed resources (e.g., N, P, K, Mg, Ni) from adjacent foliage, resulting in accelerated leaflet senescence and abscission, and poor flowering the following year.

The successful management of AB depends substantially on balancing fruit load and leaf area—i.e., achieving the appropriate leaf: fruit ratio, or equilibrium. This equilibrium can be approximated if the farmer appropriately utilizes two important horticultural tools. These are 'mechanical crop load thinning' and 'canopy pruning'.

Mechanical Crop Load Thinning. Trees should be managed to maximize fruiting the following year. To do so, excessive fruit must be removed in order to avoid excessive tree stress, and to ensure consistent production of good quality fruit. An effective method for doing this is mechanical fruit thinning (via trunk shaker in mid-summer at time of the gel stage of kernel

development). This is best accomplished using a mechanical trunk shaker equipped with doughnut pads. While certain varieties are easier to remove fruit by shaking than are others, most commercial varieties can be crop-load thinned. Removing roughly 40-50% of the fruit from a heavily loaded tree just prior to initiation of kernel filling, in excessively over cropped trees, will usually ensure trees produce a good return crop the following year. Crop load thinning reduces the exposure of bud meristems to flower inhibiting hormones being produced by fruit clusters at about the time of initiation of kernel filling, while also serving to protect foliage from premature senescence and defoliation due to detrimental mobilization of nutrients from leaves into fruit.

Crop load thinning is a ‘powerful tool’ for helping to moderate alternate bearing, resulting in substantially consistent nutmeat yield and quality from year to year. Disadvantages of the approach is the risk of ‘barking’ trees and knowing how much crop to remove. Typically, for trees with a heavy crop load, shaking about all of the nuts out of the tree that can be easily done with a tree-shaker removes roughly the appropriate amount of fruit; thus, ensuring a good crop the following year and high kernel quality during the current year. Crop load thinning takes practice and experience, but is a very powerful horticultural tool in the hands of experienced orchard managers. The prospects for a chemical thinner to remove excessive pecan flowers or fruit are meager, and is unlikely to ever be developed for commercial operations unless a thinning approach involves ‘sectional’ crop thinning, where the entire crop is removed from half of the tree canopy on alternating years.

Canopy Thinning. Removing a portion of the tree’s canopy by either mechanized or selective limb or hand pruning will typically enable a grower to reduce the magnitude of alternate bearing by trees. Mechanized approaches typically remove a great number of fruiting sites, while stimulating additional foliage; thus, improving the leaf to fruit ratio so as to ensure that developing fruit have more leaf area to support their development than otherwise. And at the same time, the loss of fruit on shoots being cut from the tree is an alternative form of crop load thinning which ends up removing fruit by cutting rather than by shaking. For example, mechanized hedge pruning on a 2,3 or 4 year cycle will usually result in less and less alternate bearing over time, especially when combined with mechanical crop load thinning to target individual trees carrying an excessive crop load. Selective limb pruning can also be an adequate approach to reducing alternate bearing in that if done properly it can greatly improve the light environment within the tree canopy, reduce excessive crop load, and reduce tree stress. There is usually not a single correct approach to mechanical hedging, but there are many incorrect approaches. The orchard manager needs to observe closely tree response to hedging and be quick to adjust approaches if the outcome is not what it should be. In general, it is best to hedge prune in such a way as to minimize the size of shoots/limbs being cut, while simultaneously reducing tree exposure to nitrate nitrogen. Hedged orchards, combined with mechanical crop load thinning, works very well in tandem to control alternate bearing.

Selective limb pruning is an alternative approach to hedging. Proper limb removal or pruning is also an effective tool for increasing canopy sunlight exposure while also balancing leaf area to fruit load. The disadvantage is that the approach requires experience and can be labor intensive. There are potentially several different strategies that can be used to control canopy light environment and leaf:fruit ratio.

Many stress factors potentially accentuate alternate bearing. It is for this reason that orchard managers must manage many factors simultaneously if AB is to be minimized. Water, sunlight, N, and Zn management tend to be the most important limiting factors, but this can vary greatly among orchards. The buildup of aphid honeydew and sooty mold on foliage is also a major stress factor that accentuates AB. Orchard managers must strive to manage all stress factors

(biological and non-biological) simultaneously, while placing greatest focus on the ‘most limiting’ factor(s). Correcting 100% of the stress factors may result in far more yield and orchard productivity than correcting 99% of the stress factors.

Pre-harvest sprouting

Pecan exhibits a malady commonly termed ‘vivipary’ or ‘pre-harvest sprouting’, in which nuts sprout while still on the tree. Vivipary is the premature sprouting—emergence of a visible hypocotyl into or through the ovary, or shell, wall of the nut—of seed while still on the plant, ‘before’ dispersal. Viviparous seed do not fully undergo the degree of internal desiccation, organellar de-differentiation, membrane stabilization, and metabolic quiescence exhibited by non-viviparous seed; thus, viviparous seed have not fully completed the ‘maturation’ phase of seed development. Similarly, pre-harvest sprouting, is the germination of physiologically ‘mature’ seed on the parent plant when the environment is very humid. In pecan, germinating seed have not attained full physiological maturity prior to sprouting, nor is sprouting tightly linked solely to a humid environment; thus, the malady is most accurately described as ‘vivipary’. Vivipary causes crop loss not only due to an extension of a root, but also due to a darkening of the ‘eye’ of the kernel, even when a root has not yet formed.

Viviparous nuts quickly lose nut quality and marketability due to the germination process, which breaks down nutmeat tissues, especially around the embryo (i.e., the point where the two kernel sections, or cotyledons, are attached). This breakdown blackens the embryonic region and is commonly termed ‘embryo rot’ when germination processes have only minimally progressed. While many orchards rarely exhibit the malady, others irregularly exhibit vivipary related crop loss > 70%; thus, vivipary can be a major profit-limiting problem. The economic impact of vivipary in North America is usually most severe in the lower San Joaquin Valley of California, lower elevations in Arizona, portions of the mid to lower Rio Grande Valley of Texas, and lower elevation arid hot regions of northern Mexico. It also occurs on a relatively intermittent basis in many orchards at other geographic locations. It occurs in most pecan cultivars if conditions are right, but there is genetic variability in expression of vivipary. It is especially common in the ‘Wichita’, ‘Western Schley’, ‘Burkett’, ‘Mahan’, ‘Cheyenne’, ‘GraKing’, ‘Shawnee’, ‘Choctaw’, ‘GraTex’, ‘Oconee’, and ‘Pawnee’, but relatively rare in ‘Sioux’, ‘Caddo’ and ‘Squirrel’s Delight’.

The incidence of vivipary in pecan increases with crop-load, length of growing season, and duration of time nuts are in trees before harvesting. Thus, mechanical hedging or selective limb pruning or mechanical crop load thinning will reduce the incidence and severity of vivipary. Observations indicate that vivipary is also influenced by night temperature, irrigation, soil characteristics, light conditions, and blackmargined pecan aphid (*Monellia caryella*). It can also be influenced by pollen source, with less vivipary occurring when southern adapted cultivars are fertilization by northern adapted genotypes. Anecdotal observations indicate that vivipary is a) closely associated with high temperature during the late stages of kernel filling (yet high temperatures alone do not necessarily lead to vivipary), and b) delayed shuck opening or splitting (yet vivipary but does not always occur under such conditions). Factors delaying shuck ripening or splitting often contribute to greater incidence and severity of vivipary if temperature is also relatively high.

Nitrate within plants can modulate metabolism, growth and nitrate signaling is involved in breaking of seed dormancy. Additionally, tissue moisture content typically remains high throughout ontogeny for viviparous seed. Because metabolic water is critical to embryo metabolism and development, its availability, and factors contributing to water availability, favor vivipary. A combination of high NO_3^- , high seed moisture, warm night temperatures, and low abscisic acid (ABA, a dormancy inducing hormone) concentration, appear to be an especially

powerful trigger for vivipary. Contemporary pecan orchard practices to minimize vivipary usually adopt one of more of the following: a) ensuring that soil moisture levels are near field capacity during kernel filling (i.e. usually September and October for most cultivars and locations in the U.S.; although, it should be noted that water-logged soils can actually induce vivipary); b) using Temik (Aldicarb; 2-methyl-2-(methylthio)-propionaldehyde-0-(methylcarbamoyl)-oxime) to advance early-ripening; c) avoiding excessive crop-loads by either timely mechanical thinning or by indirect fruit thinning via hedge pruning; and d) early harvesting using mechanical shakers.

Field research on ‘Cheyenne’ pecan assessed the possibility of controlling vivipary via supplemental irrigation and nitrogen (N) management. The incidence of vivipary on irrigated trees was 25-fold greater than that on non irrigated trees, and incidence on trees receiving excessive N fertilization was 21-fold greater than that of trees not receiving N. There was a strong ‘Irrigation x N’ interaction, with trees receiving ‘Irrigation + N’ exhibiting 41-fold more vivipary than did ‘Non-irrigated - N’ trees. The incidence of vivipary in orchards therefore appears amenable to management via an appropriate irrigation and N fertilization strategy. It is also likely that insufficient Mo, Fe and Cu contribute to vivipary in that these three metals are key to the production of abscisic acid, a growth regulator that seeds produce to inhibit germination. While it is not advisable to withhold water from tree during the time that kernels are filling, it might be appropriate to ensure that trees do not receive excessive nitrate N during this period, as the nitrate appears to be a powerful trigger for vivipary. Exposing vivipary prone cultivars, especially trees carrying a heavy crop load, to high levels of late season nitrate-N, will likely increase the incidence and severity of vivipary. Additionally, if orchard soil pH is above about 7.5, then it is likely that insufficient Fe or Cu within the developing kernel will trigger an increase in the incidence of vivipary through the roles that Fe and Cu (and also Mo) play in the chemical reduction of nitrate and the activation of the final enzyme involved in the synthesis of ABA (i.e., nature’s germination inhibitor). By ensuring that trees possess good Mo, Fe, and Cu related nutritional physiology during the time of kernel filling should reduce the incidence and severity of vivipary.

Aside from the level of ABA in seeds, germination is also closely associated with the production of gibberellins, which are powerful plant hormones that stimulate growth. Vivipary should also, in theory, be reduced by getting an inhibitor of gibberellin biosynthesis into the developing kernel of the seed. Products such as prohexadine-calcium (Apogee) and paclobutrazol (Cultar) block gibberellin biosynthesis and should therefore act to reduce the incidence and severity of vivipary. Excessive vivipary is probably an indication of excessive late season nitrate-N and insufficient Fe, Cu, or Mo.

CAMPAÑA MANEJO FITOSANITARIO DEL NOGAL

Ricardo Ramonet Rascón

Presidente de la Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo.

Introducción

El cultivo del Nogal surgió en la región de la Costa de Hermosillo en los años 50's, por iniciativa de agricultores visionarios que creyeron en esta actividad productiva de la fruticultura. Durante años el cultivo de nogal se fue generalizando y ya en 1970 se inicio en forma intensiva. La huerta en producción más antigua es San Rafael, establecida en la Costa de Hermosillo en 1958. El nogal en Sonora fue introducido y es originario del norte de México y sureste de Estados Unidos. Este cultivo en la Costa de Hermosillo se mantuvo libre de plagas hasta 1993 en que apareció el pulgón amarillo y pulgón negro, durante años fue la principal y única plaga más importante que se mantuvo bajo control sin ocasionar graves problemas.

A partir del año 2002 este cultivo se ve amenazado por el Gusano Barrenador de la Nuez (GBN). Este lepidóptero es devastador, sin control puede destruir hasta 80% de la producción. En un principio el conocimiento de la biología de este insecto se remitía a la información disponible en las regiones de origen, norte de México (Coahuila, Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Nuevo León) y Sureste de USA. En estas regiones el Gusano Barrenador de la Nuez es una plaga secundaria, pues el Gusano Barrenador del Ruezno es de mayor importancia. En estas regiones donde la población de nogal es nativa y los enemigos naturales de sus plagas eran coexistentes y coevolutivos existe un control biológico que es ampliamente utilizado.

Desde la aparición del Gusano Barrenador de la Nuez en nuestra región y como consecuencia del incremento de las poblaciones de esta plaga, se reforzaron acciones importantes para su detección, como los muestreos directos en fructificaciones y terminales de crecimiento en parte baja y superior del árbol, inspección en fruto de nueces en campo y también en la planta de procesamiento de nuez. El incremento extraordinario de las poblaciones de la plaga, ocasionó incrementos en el número de aplicaciones y costo de control. Considerando la particularidad de esta plaga que únicamente se alimenta en el cultivo del nogal y dada la inexistencia de plantaciones silvestres de nogal en la región, el Grupo Técnico de Seguimiento de las Actividades del Nogal coordinado por la Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo, determinó que para el año 2010 se implementara el proyecto: "*Programa de Erradicación del Gusano Barrenador de la Nuez*".

Estrategia de Investigación y conocimiento de la plaga

Se analizó la información recabada en los últimos años, se establecieron parámetros de evolución, se consolidó la información disponible y se establecieron metas y acciones. De esta forma se logra determinar las condiciones de establecimiento y desarrollo del Gusano Barrenador de la Nuez en la región. Se detectan los períodos y mecanismos de hibernación y emergencia. Es de gran importancia resaltar el hecho del desarrollo de feromonas únicas para la especie de Gusano Barrenador de la Nuez mexicano, ya que las feromonas usadas en el sureste de USA no eran efectivas para detectar la especie de Gusano Barrenador de la nuez presente en la Costa de Hermosillo. En colaboración con el Dr. Marvin Harris de Texas A&M fue posible desarrollar una feromona efectiva para Sonora.

Se realizó un gran esfuerzo para determinar la ecología de la especie de Gusano Barrenador de la Nuez en Sonora, sin embargo, a través del trabajo de investigación dirigido por el M.C. Agustín Alberto Fu Castillo, año con año se evaluaron y definieron, métodos de muestreo,

dinámica de la población, métodos de control, uso de insecticidas registrados, épocas de aplicación y sobre todo formas de monitoreo de la población. A partir del año 2003 se inicio la Campaña Manejo Fitosanitario del Nogal y las actividades que siempre se han desarrollado son Muestreo, Trampeo, Control Biológico y Capacitación.

Resultados

Muestreo y monitoreo

Desde Enero del año 2010 se acordó poner en marcha el “**El Programa de Erradicación del Gusano Barrenador de la Nuez**”. Desde entonces el principal objetivo fue disminuir las poblaciones de esta plaga para finalmente lograr su erradicación. Los resultados desde el primer año han sido excelentes, así en el análisis que realiza el Grupo Técnico de Seguimiento, se destaca que durante los años 2010-2011-212 las palomillas que se reproducen al final del ciclo del cultivo y que consecuentemente hibernaran para emerger al inicio del próximo ciclo inmediato se ha diezmado su reproducción de una manera impactante. La población que venía en incremento en los años anteriores se ha reducido a niveles extremadamente inferiores en los años de operación del Programa.

El control oportuno de la Primera Generación es crucial para disminuir las poblaciones futuras, y para lograrlo han sido determinantes las acciones coordinadas entre productores, autoridades, investigadores y asesores técnicos.

Resultados de Muestreo Directo en frutos en planta procesadora de Nuez. 2012

En los muestreos directos (cada muestra es de 100 nueces con ruezno) que se realizaron en la planta S.P.R. Productora de nuez al momento de llegar la fruta con ruezno, los porcentajes de detección de la plaga fueron muy bajos durante el año 2010. En los años 2011 y 2012 ya no se detecto la plaga en ningún estadio.

Control Biológico.

- a) Liberaciones inundativas de Trichogramma.
Estas se iniciaron a partir del mes de Abril del año 2010 y se ha continuado liberando durante los años consecutivos (2010 - 2103).
- b) Liberaciones de Crisopa.

Como una medida de control biológico para pulgones amarillos y larvas del Gusano Barrenador de la Nuez se ha realizado liberaciones masivas de Crisopa durante tres años consecutivos en la totalidad de la superficie.

Pulgón en Nogal

El Manejo Integrado de control de las plagas de nogal ha repercutido en mantener la plaga de pulgón amarillo y negro eficazmente controlado. El parasitismo del pulgón en nogal es consecuencia del buen manejo de insecticidas.

El Lunes 02 de Abril del 2012 se publica en el Diario Oficial de la Federación el “*Acuerdo por el que se declara Zonas Libres del Barrenador de la Nuez (Acrobasis nuxvorella) a todos los municipios del estado de Sonora excepto Hermosillo y Barrenador del Ruezno (Cydia caryana) a todo el estado de Sonora.*”

Este reconocimiento permite reforzar acciones importantes para prevenir reinfestaciones en este cultivo, principalmente por la movilización de material vegetativo y fruto al Estado de Sonora libre de plagas y enfermedades, así como facilitar la comercialización de la nuez a los mercados nacionales e internacionales. Además, es importante mencionar que aunque no se tienen presentes en la región plagas como Picudo del Nogal y Barrenador de la madera y con la finalidad de reforzar el Status de Zona Libre de estas plagas y que se pueda demostrar técnicamente que no están presentes en la región, se realizan monitoreos con trampas específicas para estos insectos en todas las regiones nogaleras del Estado de Sonora.

OPTIMIZING IRRIGATION MANAGEMENT IN PECAN

Zohrab Samani, Rhonda Skaggs

New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico

Abstract

Water is the most important factor of production in irrigated agriculture. The process of optimizing yield and profitability requires determination of crop water use (ETC), timing and amount of irrigation. Pecan evapotranspiration (ET) varies with age, canopy cover, soil type, crop density and method of water management. This paper describes a simple methodology to determine ETc, and irrigation schedule. The paper also describes use of computer and smart phone technologies to manage irrigation for individual fields using an App called iFarm. Water management has significant impact on pecan yield and economic return. Yield incremental increase accelerates as the yield and ET approach Maximum values. For example 1 meter of ET produces about 1500 kg/ha of pecan on the average while an additional 0.3 meter (30%) can result in yield of about 2800 kg/ha, an increase of 87%. Thus, water management has significant impact on yield, water use efficiency (WUE) and economic return in pecan agriculture.

Introduction

Pecans are a major crop in New Mexico's Lower Rio Grande Valley (LRGV) and currently comprised about 46% of the area's irrigated acreage. Basin flood is the common irrigation method for pecan in the area. Pecan production in the LRGV steadily increased in the past 40 years, reaching approximately 13,000 ha (32,000 acres) in 2012. The annual value of the pecan crop in New Mexico averaged almost \$90 million over the period 2005-2008. Pecan is also a major water user. A mature pecan orchard can consume as much as 1.4 m (4.5 ft) of water per year. The high water use and increasing pecan acreage combined with periodic and severe drought in the region has created an urgent need for better understanding of pecan consumptive use and better management of water in the area. This paper describes methodologies for optimizing irrigation management in pecan.

The irrigation management includes estimating pecan water use, implementing the irrigation, and monitoring the water use through the season. Various methods have been used to estimate crop water use for pecan over the last three decades. Miyamoto (1983) used a neutron moisture probe and reported pecan water use for the growing season ranging from 368 mm to 1307 mm depending on tree size and planting density. Sammis et al. (2004) used eddy-covariance flux tower to measure evapotranspiration (ET) in 30-year old flood-irrigated pecans in a 5.1 ha orchard located on the Rio Grande floodplain in the Mesilla Valley, 7 km south of Las Cruces, New Mexico. The tree spacing of the orchard was 9.7 m x 9.7 m, with average tree height of 12.8 m, and average tree diameter of 30 cm. They reported seasonal and annual ET of 1260 mm and 1460 mm in 2001 respectively, and 1170 mm and 1370 mm in 2002, using a one propeller eddy covariance (OPEC) system. Bawazir and King (2004) measured ET in a flood-irrigated mature (40-65 years old) pecan orchard in 2002 and 2003 using 3-D sonic anemometer and OPEC systems.

From their measurements, they reported seasonal and annual ET of 1305 mm and 1417 mm during 2002, and 1334 mm and 1479 mm in 2003. Pecan water use varies with canopy cover, plant density, moisture and nutrient availability and net available energy. Because of the diversity of pecan age, spacing, density and management practices, pruning and growth dynamics, real time estimation of crop consumptive use is complex and beyond the reach of individual farmers. The most effective and accurate method of estimating crop water use is through remote sensing. Samani et al (2009) calculated pecan water use in Lower Rio Grande

Valley for 279 pecan orchards. Samani et al (2009) reported pecan water ranging from 500 mm to 1260 mm for the growing season. This paper describes an approach using crop canopy cover to estimate average daily and monthly crop coefficients and crop Evapotranspiration (ET), a computer based implementation of irrigation and the effect of water management on water use efficiency and yield of pecan.

Estimating crop water use

Basin-wide estimation of the pecan crop coefficient is only possible through remote sensing. Remote sensing uses Landsat images combined with surface energy balance techniques to calculate daily water use on the ground. The regional ET estimation model (REEM, Samani et al., 2007, 2009) calculates ET as a residual of surface energy balance. The methodology is generally similar to one presented by Bastiaanssen (1998) and Allen et al. (2007) with some modifications as described by Samani et al. (2009) where the latent heat flux (LE/ET) is determined as a residual of the surface energy equation as:

$$ET = R_n - G - H \quad (1)$$

Where ET is the ET flux, R_n is the net radiation, G is the soil heat flux, and H is the sensible heat flux to or from the air. The net radiation is a function of global solar radiation and outgoing and incoming long wave radiation as follows:

$$R_n = (1 - \alpha)R_s + RL \downarrow - RL \uparrow \quad (2)$$

where, R_n is net radiation, R_s is incoming short wave solar radiation, $RL \downarrow$ is instantaneous incoming longwave radiation , $RL \uparrow$ is instantaneous outgoing longwave radiation , and α is surface albedo (dimensionless).

Even though remote sensing can be used to estimate the pecan crop coefficient and ET, the process is time consuming and costly. In addition, time lags associated with the remote sensing process do not allow for real time application of the ET information in irrigation scheduling. Remote sensing technology was used to develop a simple relationship between canopy cover and ET. The ET-canopy cover relationship was then transformed into a K_c -canopy cover relationship. The K_c -canopy cover relationship is subsequently combined with climate data to calculate daily and weekly water requirements for each orchard. The methodology provides a simple tool that an orchard manager can use to schedule irrigation of pecan trees on a real time basis. The process is described below.

After calculating daily, monthly, and annual ET values from remote sensing for 279 pecan orchards in New Mexico's LRGV, pecan fractional cover (f_c) in various orchards was estimated using a series of infrared Digital Ortho-photo Quarter-Quadrangle (DOQQ) images which were taken from aerial flights. Fractional cover was estimated using supervised classification of the masked and subset color infrared DOQQs. Supervised classification is a common method used to group pixels similar in reflectance based on training classes. The training phase consists of assigning sets of pixels to a particular class based on previous knowledge of the image or verification on the ground (Bastiaanssen, 1998). To facilitate the simplified calculation of pecan ET through the growing season, a dimensionless crop coefficient was developed as a function of pecan canopy cover. Figure 1 shows the relationship between dimensionless crop coefficient ($K_c/K_c\text{-ref}$) as a function of f_c for 279 pecan orchards.

The relative crop coefficient was defined as the ratio of average annual crop coefficient of an orchard (K_c) to that of a fully mature reference orchard with canopy cover of about 80 percent

(fc=0.8) in which daily ET and Kc was measured using an eddy covariance flux tower (Reveles, 2005). The equation in figure 1 is;

$$\frac{K_c}{K_{c-ref}} = 0.6035 f_c + 0.4808 \quad (3)$$

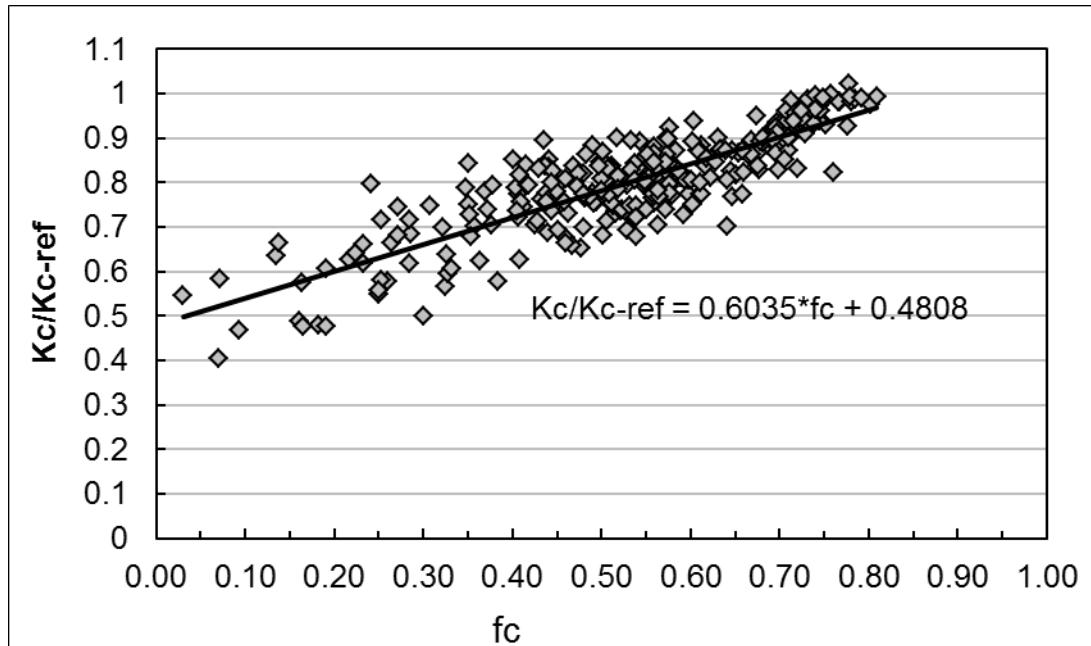


Figure 1. Relationship between fractional kc (K_c/K_{c-ref}) versus fractional cover (fc)

Equation 3, combined with Table 1 can be used to estimate daily or monthly pecan kc for any pecan orchard under any growth condition. Once the average monthly K_c values are estimated, the crop ET_c can be calculated using the relationship between crop ET_c and reference evapotranspiration estimated from climate data as:

$$ET_c = K_c \cdot ET_{sz} \quad (4)$$

in which ET_c is daily, weekly, or monthly consumptive use and ET_{sz} is grass reference evapotranspiration calculated from the Hargreaves-Samani equation (1985) or Penman-Monteith (ASCE-EWRI 2005) depending on the availability of climate data. The following example shows how ET for a given orchard is calculated.

Example:

Average reference ET_{sz} for a week during the month of June is calculated as 8.5 mm/day and the fractional cover is 70 % mm/day, determine the daily ET_c for the week. From Table 1, K_c -ref for June is 1.02. From equation 3, K_c for the orchard is determined as;

$$K_c = 1.02(0.6035)x0.7+0.4808=1.096$$

And from equation 4, ET_c is calculated as;

$$ET_c = 1.096 \times 8.5 = 9.3 \text{ mm/day.}$$

Table 1. Measured monthly for the reference pecan orchard ($K_{c\text{-ref}}$) using flux tower

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Kc	0.38	0.36	0.39	0.59	0.87	1.02	1.04	1.24	1.26	0.84	0.39	0.38

Figure 2 shows the typical; ETc for pecan orchard during the growing season. The ETc of any pecan orchard is spatially and temporally variable.

ET change with time?

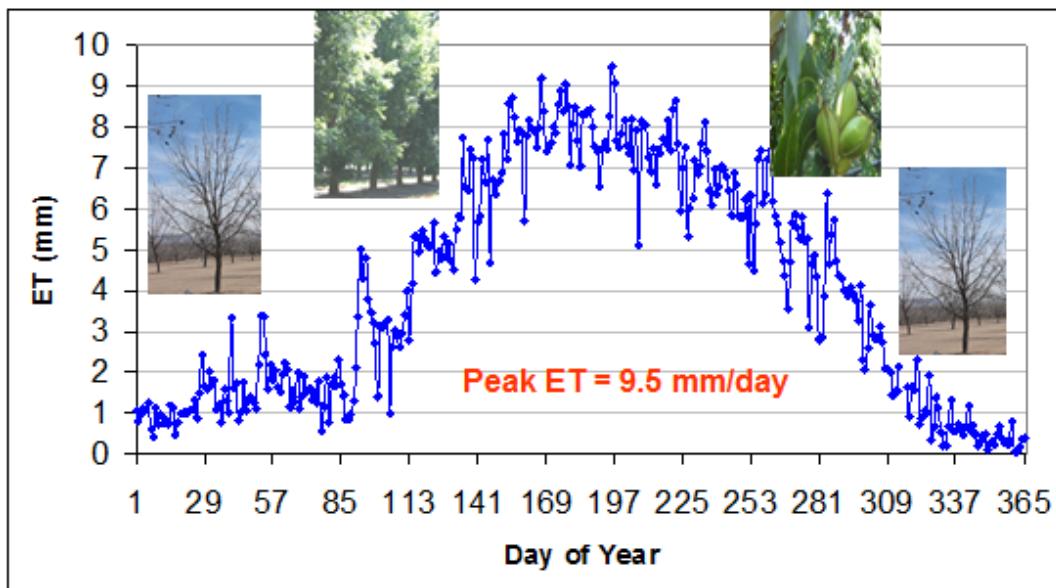


Figure 2. ETc values through the growing season for a pecan field in LRGV.

Field comparison

The simplified methodology described above was used to estimate monthly ET for two pecan orchards. One orchard was young with an average fractional cover of 52%, and the other was a mature orchard with an average fractional cover of 77%. Two eddy covariance flux towers installed in the same orchards was used to measure daily and monthly ET during 2007. Figures 3 and 4 compare the measured and estimated monthly ET for the two orchards. Table 2 compares the mean monthly ratio of ET_c and standard error of estimates for the two orchards.

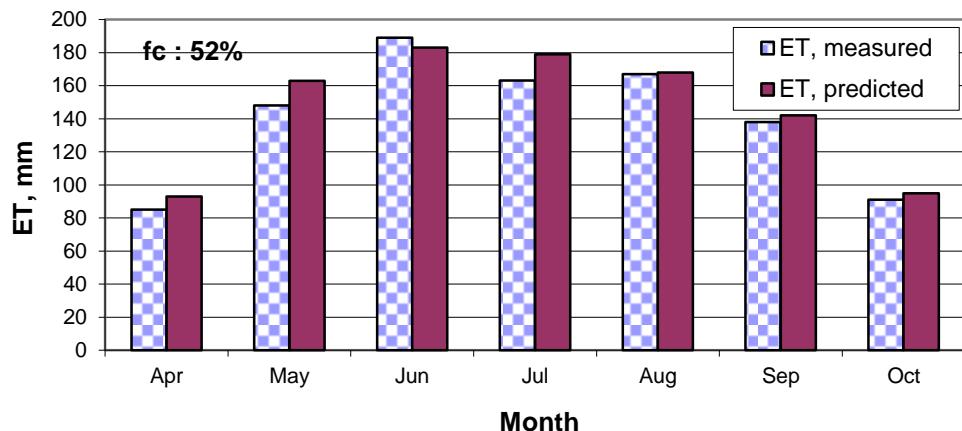


Figure 3. Comparison between measured and predicted monthly ET for an orchard with fractional cover of 52%.

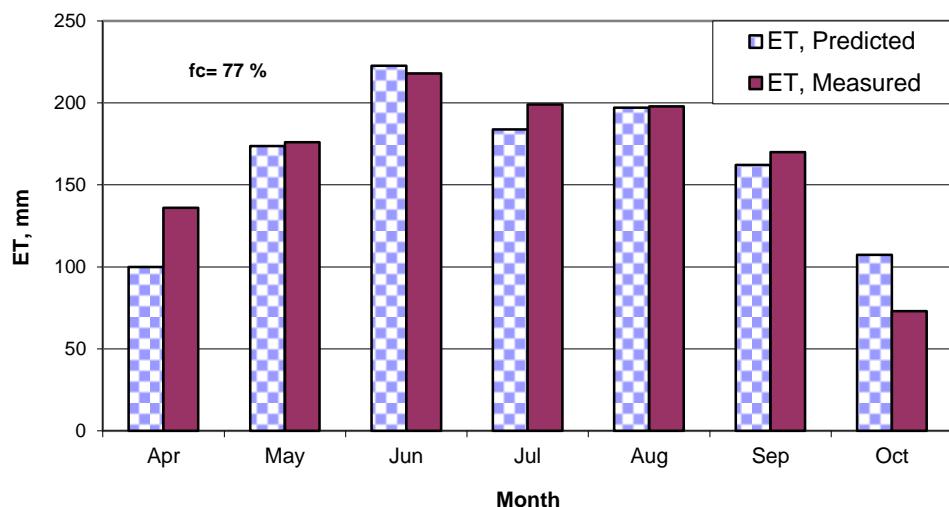


Figure 4. Comparison between measured and predicted monthly ET for an orchard with fractional cover of 77%.

Table 2. Comparison of measured and predicted mean monthly ET_c for two orchards.

Canopy (fractional) cover	Mean Monthly ET_c Measured, mm	Mean Monthly ET_c Predicted	Ratio of predicted over measured ET_c	SEE, mm/month
52%	140	146.2	1.045	9.9
77%	164	167.2	1.02	20.0

Irrigation implementation

It is not enough to estimate ET_c , but the practice of irrigation also requires to figure out the irrigation interval and the amount of water which needs to be applied. To determine the irrigation interval, the readily available water (RAW) within the root zone of the crop needs to be determined. The RAW can be determined using the following equation:

$$RAW = MAD(C) FC \quad (5)$$

Where FC is the soil moisture content within the root zone of pecan (1-2 m) which can be determined by measuring soil moisture content 1-2 days after irrigation. C is a fraction which is recommended as 0.4 for clay soil and 0.5 for sandy soil. MAD is management allowed depletion which is recommended as 0.5-0.6 for pecan. By calculating RAW and knowing the ET_c within the growing season, the irrigation interval can be determined. The amount of water to be applied is determined by dividing RAW by irrigation efficiency or uniformity which can be determined depending on the irrigation system on drip and sprinkler and depending on soil type and field irrigation scheme in surface irrigation.

iFarm App.

The process of determining ET_c and irrigation process is often too complex and beyond the technical capability of individual farmers. For this reason, an App has been developed at New Mexico State University to customize the irrigation practice for individual farms depending on the soil type, crop type and climate condition.

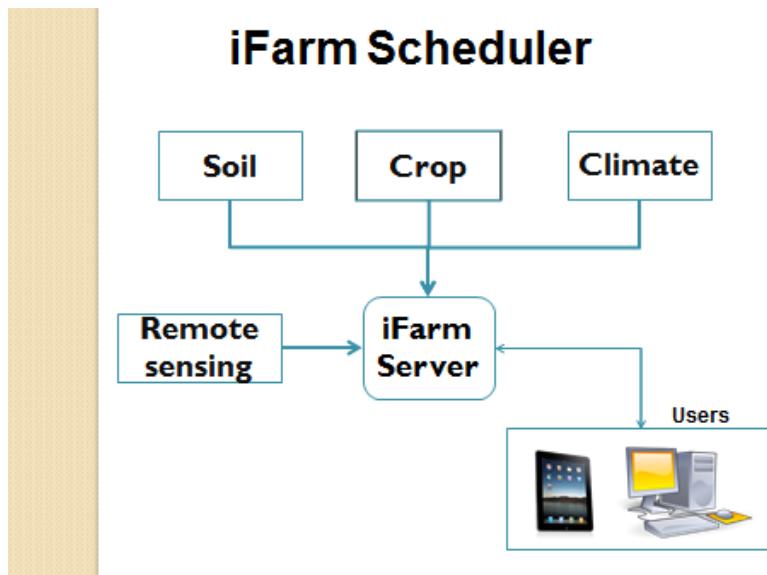


Figure 5. Flow chart of the iFarm irrigation scheduler.

In addition to scheduling irrigation, the iFarm uses remote sensing technology to monitor the effectiveness of the irrigation and to identify crop growth abnormality within individual farms through the growing season.

Impact on yield

Irrigation is the most important factor in crop production. Even if all the agronomic practices are implemented correctly, moisture deficit in one irrigation can significantly alter the yield and economic return from a crop. Figures 6 and 7 show the impact of ET_c on yield of pecan in LRGV. As shown in figures 6 and 7 crop yield and water use efficiency increases significantly as water availability and consequently ET_c increases. Most importantly, yield incremental increase accelerates as the yield and ET approach Maximum values. For example 1 meter of ET produces about 1500 kg/ha of pecan on the average while an additional 0.3 meter (30%) can result in yield of about 2800 kg/ha, an increase of 87%. Thus, water management has significant impact on yield, water use efficiency (WUE) and economic return in pecan agriculture. It is important to note that during the sensitive stages of production such as nut filling period (Mid August-Mid September), the impact of moisture availability is even more critical. Local observations in LRGV have shown that a two days delay in irrigation during the nut filling period can result in 20-25% loss of pecan yield.

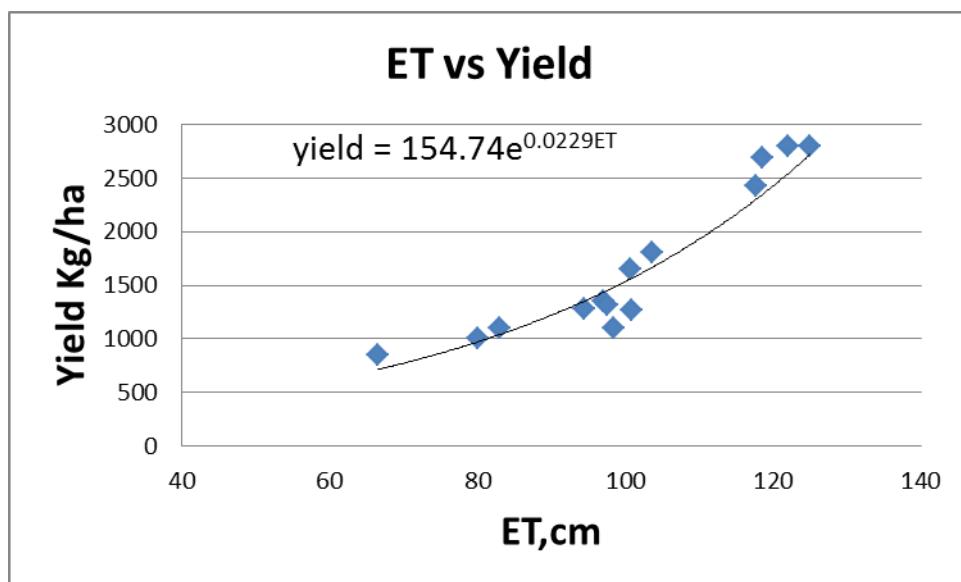


Figure 6. Pecan yield as a function of annual ET

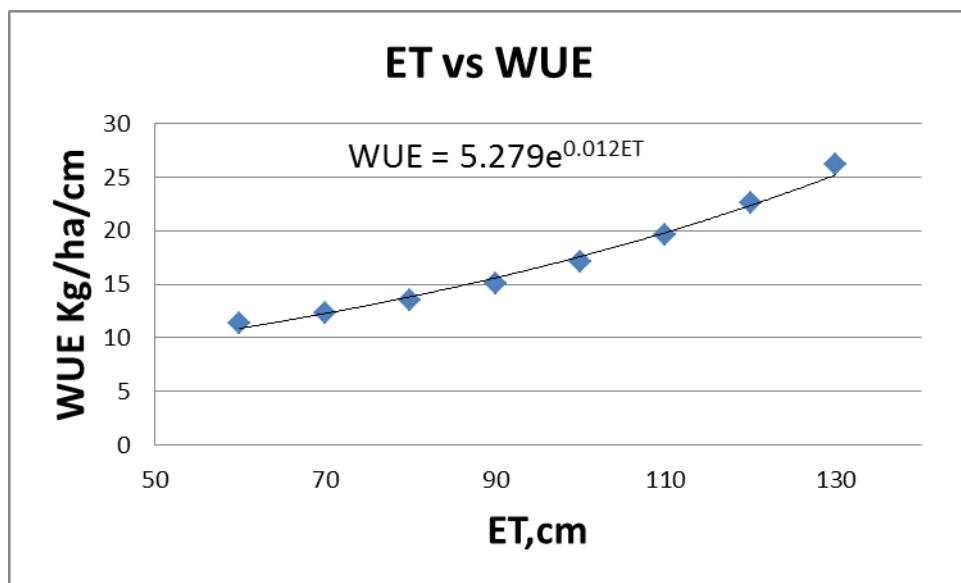


Figure 7. Pecan water use efficiency as a function of ET

Conclusion

A simple procedure is presented where crop fractional cover or canopy cover can be used to estimate average daily ET of pecan trees. The comparison between measured ET and predicted ET showed that average monthly ET can be estimated with high accuracy. The procedure provides a simple approach to calculate pecan ET. The ET information can then be combined with soil physical properties to develop real-time irrigation schedules for pecan orchards. The paper also describes an iFarm App which uses smart phone and computer technologies to schedule pecan irrigation. The impact of proper irrigation on pecan yield and profitability is demonstrated by comparing water use efficiency versus annual ET.

References

- Allen, R.G., M. Tasumi and R.Trezzia. (2007). Satellite-Based Energy Balance for Mapping for Evapotranspiration with Internalized Calibration. ASCE J. Irrig. and Drain. Engrg. 133(4): 380-394
- ASCE-EWRI (2005). The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Reported by the American Society of Civil Engineers (ASCE) Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. R.G. Allen, I.A. Walter, R.L. Elliot, T.A. Howell, D. Itenfisu, M.E. Jensen and R.L. Snyder (Eds.), ASCE 0-7844-0805-X, 204 pp., Reston, VA.
- Bastiaanssen,W.G.M. (1998). Remote sensing in Water Resources Management: The state of the art. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Bawazir, A.S. and J.P. King. (2004). Crop Evapotranspiration (ET) Study for Doña Ana County, New Mexico. Las Cruces, NM: New Mexico Water Resources Research Institute. Technical Completion Report.
- Hargreaves, G. and Z. Samani. (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Ambient Air Temperature. Paper No. 85-2517, American Society of Agricultural Engineers, Chicago, IL.
- Miyamoto, S. (1983) Consumptive water use of irrigated pecans. J. Am. Soc. Horticultural Sci. 108(5): 676-681.

- Reveles, A. (2005). Evapotranspiration of Mature Pecan Trees. M.S. Thesis, New Mexico State University.
- Samani Z., A.S. Bawazir, M. Bleiweiss, R. Skaggs, A. Piñon and V.D. Tran. (2007). Water Use by Agricultural Crops and Riparian Vegetation: An Application of Remote Sensing Technology. *J. of Contemporary Water Research & Education* 137:8-13.
- Samani, Z., A.S. Bawazir, M. Bleiweiss, R. Skaggs, J. Longworth, V.D. Tran and A. Piñon. Using Remote Sensing to Evaluate the Spatial Variability of Evapotranspiration and crop Coefficient in the Lower Rio Grande Valley, New Mexico. *Irrigation Science*. 2009. DOI 10.1007/s00271-009-0178-8.
- Sammis, T.W., J.G. Mexal and D. Miller. (2004). Evapotranspiration of Flood Irrigated Pecans. *J. Agric. Water Management* 69(3): 179-190

VIVIPARY IN PECAN [(*Carya illinoiensis* (Wangenh.) K.Koch]: THE SIGNAL TRANSDUCTION PATHWAY

Gerardo Martínez Díaz

INIFAP-Campo Experimental Costa de Hermosillo.
germadiz@hotmail.com

Vivipary is the process of germination of seeds while the fruit still is the plant and in the case of pecan it is also called nut sprouting or pregermination (Martínez-Díaz, 2005). Vivipary has been found in species of different taxonomic groups and molecular biologist have found that various genes regulate it, among them Viviparous 1(VP1) in maize and ABI3 in Arabidopsis (Suzuki *et al.*, 2003) that encode transcription factors involved in the signaling of seed germination. Few studies at molecular level have been carried in pecan but it is possible that genes of similar families control this phenomenon.

Studies in Arabidopsis and other plant species have shown ABA governs several processes of embryogenesis that includes the entrance to dormancy. However, this hormone interacts with gibberellic acid, cytokinins, ethylene, jasmonates and sugars in different plant processes (Brady y McCourt, 2003; Benschop *et al.*, 2007; Gazzarrini y McCourt, 2001; Subbiah y Reddy. 2010; Tanaka *et al.*, 2005) that might include vivipary. Wood (2013) has shown that ABA injection to the fruit reduced vivipary in pecan nuts indicating that this hormone is involved in nut dormancy like in other plant species. It is known that ABA does not easily move inside the plants.

White *et al.* (2000) proposed that the ratio of abscisic acid/gibberellic acid and not abscisic alone, in the late stages of embryogenesis, determines if a seed will germinate or enter into dormancy. The mechanism of action of these hormones is unknown, but the mutants of VP1 and ABI3 indicate that encode proteins involved in a complex signal transduction pathway induced by ABA whose final signal in the seed must activate genes that encode proteins that stop embryo growth. Studies in embryogenesis indicate that in the late phases, dehydration of the seed tissues must occur for the seed enter into dormancy. If dehydration does not occur the seed will continue its development and germinate (Goldberg *et al.*, 1994). Then it is possible that dehydrins are proteins encoded by the genes activated or inactivated by ABA and that are involved in the pathway that stop the genes that control mitosis in the meristematic tissues of the embryo axis of the seed; in our case in the pecan nuts.

Other interesting questions that arise from the studies of vivipary are about the site and moment in which the entire transduction pathway occurs to avoid vivipary. The most likely answer is that the entire process occurs in the seed (embryo axis) and in the late stages of embryogenesis. There are not studies about the functionality of the vascular tissues during nut embryogenesis but it is likely that in the late stages the seed may be disconnected from the mother plant or most of the vascular cells that connect the mother plant to the seed may be destroyed. If that is the case, it might be difficult to stimulate vivipary by applying inducers to the mother plant. Studies carried out in la Costa de Hermosillo for several years with GA₃ inhibitors did not reduce vivipary in pecans (Martínez-Díaz, 2008). In contrast, GA₃ applications enhanced vivipary but no differences in GA₃ concentration en the embryo axis was found indicating poor translocation of this hormone to the embryo (Martínez-Díaz, 2011). The increase of pecan vivipary was associated to a reduced shuck split which might avoid seed dehydration in the moment that it was needed to induce dormancy.

Foliar applications of cytokinin and auxin like substances that are known show high capacity to move in the plants and that interact with ABA have not affected vivipary in pecans in La Costa de Hermosillo (data not shown). Ethylene interacts with ABA in different plant processes including in germination. In fact ethylene promotes germination (Chaudhuri y Kar. 2008). However, ethephon, a substance that is converted to ethylene in the plant has been recommended to reduce vivipary in pecans. Ethephon induce shuck opening and thus allowing dehydration and consequently dormancy of pecan seeds.

Figure 1 shows a simplified model of the signal transduction pathway for dormancy regulation in pecan nuts. If these steps are achieved no nut vivipary should occur. It is important to mention that if dehydration is the main mode of action of ethephon to achieve dormancy, then other ways to reach the same purpose might be developed. A change of the temperature, relative humidity, wind or irradiance in the pecan orchards could induce dehydration and dormancy of the pecan nuts. However, this experiments need to be made.

Literatura citada

- Brady S.B. and P. McCourt. 2003. Hormones cross-talk in seed dormancy. *J. Plant Growth Regul.* 22:25-31.
- Benschop J.J., F.F. Millenaar, M.E. Smeets, M. van Zanten, L.A.C.J. Voesenek y A.J.M. Peeters. 2007. Abscisic acid antagonizes ethylene-induced hyponastic growth in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 143:1013-1023.
- Chaudhuri A. y R. K. Kar. 2008. Effect of ethylene synthesis and perception inhibitor and ABA on seed germination of *Vigna radiata*. *World Jour. of Agric. Sci.* 4: 879-883.
- Gazzarrini S. y P. McCourt. 2001. Genetic interactions between ABA, ethylene and sugar signaling pathways. *Current Opinion in Plant Biology.* 4:387-391.
- Goldberg RB., G. Palva, y R. Yadegari. 1994. Plant embryogenesis: zigote to seed. *Science*:266: 605-614.
- Martínez-Díaz., G. 2005. El crecimiento de la nuez y de su eje embrionario durante la germinación prematura. VIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C. pp:276-282.
- Martínez-Díaz, G. 2008. Efecto de inhibidores de la biosíntesis de giberelinas en la viviparidad del nogal pecanero (*Carya illinoiensis* Koch.). *Biotecnia* 10(3):30-37.
- Martínez-Díaz, G. 2011. El ácido giberélico incrementa la germinación prematura en nogal pecanero (*Carya illinoiensis* Koch.). *Tecnociencia Chihuahua.* 5(3):148-155.
- Subbiah V. y K.J. Reddy. 2010. Interactions between ethylene, abscisic acid and cytokinin during germination and seedling establishment in *Arabidopsis*. *J. Biosci.* 35(3):451-418.
- Suzuki M., M.G. Ketterling, L. Qin-Ban y R.M. McCarty. 2003. Viviparous 1 alters global gene expression patterns through regulation of abscisic acid signaling. *Plant Physiology.* 132:1664-1677.
- Tanaka Y., T. Sano, M. Tamaoki, N. Nikajima, N. Kondo y S. Hasekawa. 2005. Ethylene inhibits abscisic acid-induced stomatal closure in *Arabidopsis*. *Plant Pysiol.* 138:2337-2343.
- White, C.N., W.M. Proebsting, P. Hedden y C.J. Rivin. 2000. Gibberellins and seed development in maize. I. Evidence that gibberelin/abscisic acid balance governs germination versus maturation pathway. *Plant Physiol.* 122:1081-1086.
- Wood, B. 2013. Preharvest sprouting in pecan. Conference in the Pecan Symposium. Texas. No pages.

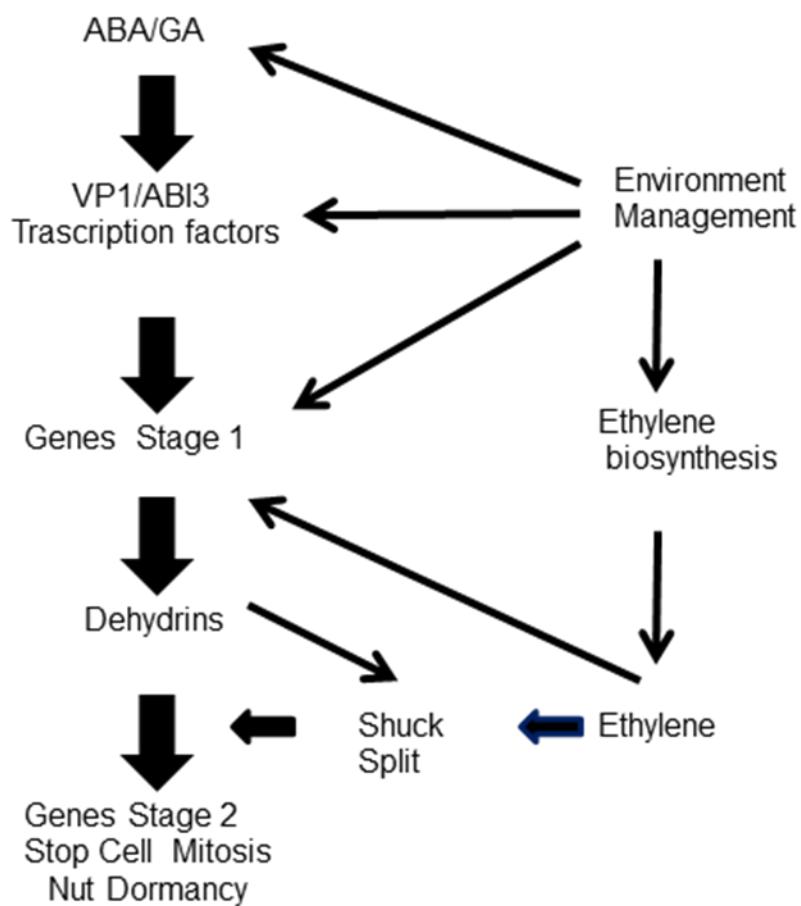
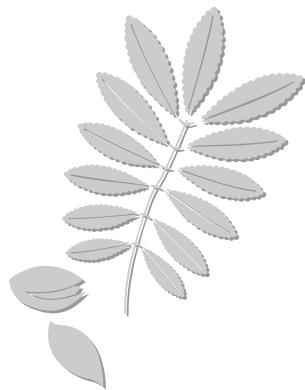


Figure 1. Transduction pathway in pecan nut dormancy.

PONENCIAS DE INVESTIGACIÓN

(CARTELES)



COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Tomás Osuna Enciso. CIAD, A.C. – Unidad Culiacán

MC. Manuel A. Báez Sañudo. CIAD, A.C. – Unidad Culiacán

Dr. J. Humberto Núñez Moreno. INIFAP-CECH

MC. José Grageda Grageda. INIFAP-CECH

Dr. Armando Carrillo Facio. CIAD, A.C. – Unidad Culiacán

MC. Fernando A. Vieira de Figueiredo. INIFAP-CECH

Dr. Gerardo Martínez Díaz. INIFAP-CECH

SITUACIÓN ACTUAL DEL NOGAL PECANERO [(*Carya illinoiensis* (Wangenh.) K.Koch] EN EL MUNICIPIO DE AMACUECA, JALISCO, MÉXICO

Omar Champo Jiménez, Ernestina Gutiérrez Vázquez, María Luisa España Boquera

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San Nicolás de

Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

ochampo@fismat.umich.mx

Resumen

La disminución de la cobertura arbórea del nogal pecanero (*Carya illinoiensis* (Wangenh.) K.Koch) es uno de los principales problemas sentidos por habitantes y autoridades del municipio de Amacueca, Jalisco. El objetivo del presente trabajo consistió en realizar una estimación del cambio de cobertura 2002-2012 a través de imágenes de google earth de alta resolución. Para tal fin se obtuvieron 2 imágenes de google earth disponibles en línea para el municipio de Amacueca Jalisco, de fechas del 28 de Marzo del 2002 y del 21 de Abril del 2012 respectivamente. Se georeferenciaron ambas imágenes y se seleccionó manualmente la vegetación correspondiente al nogal pecanero, se calculó el área (ha) ocupada por este tipo de cobertura en cada una de las imágenes y se restaron. Los resultados precisan que en lapso de tiempo señalado se han deforestado 8.64 ha, es decir se deforestó 0.86 ha por año. Por lo anterior es necesario socializar los resultados con las autoridades actuales a fin de que precisen políticas públicas que limite la deforestación acelerada que muestra el estudio

Introducción

La comparación de imágenes con google earth es sencilla, pero carece de características espectrales para el análisis de vegetación como son las imágenes de satélite, las cuales contienen información radiométrica (reflectancia), sin embargo las imágenes de google earth tienen una alta resolución que permite diferenciar bien los diferentes tipos de cobertura.

El cambio de cobertura vegetal del nogal pecanero en Amacueca, Jalisco es un hecho que se aprecia y preocupa a los habitantes y autoridades locales. El nogal es uno de los cultivos agrícolas con importancia económica después del sorgo, maíz, frijol, alfalfa, jitomate, café (COEPO, 2010). El cambio de cobertura se puede deber a diferentes factores como son la interacción hombre – tierra debido a las necesidades sociales e implica el cambio de uso de suelo para construcción de viviendas. También enfermedades como el muérdago o “malojo”, entre otras; así como de factores externos como la carencia de agua, por la sequía o la escasez de sus manantiales. En este trabajo se hace una estimación del cambio de cobertura 2002-2012 a través de imágenes de google earth de alta resolución.

Metodología

Para el análisis de perdida de cobertura del nogal pecanero se obtuvieron 2 imágenes de google earth disponibles en línea para el municipio de Amacueca Jalisco, de fechas del 28 de Marzo del 2002 y del 21 de Abril del 2012 respectivamente. Se georeferenciaron ambas imágenes y se seleccionó manualmente la vegetación correspondiente al nogal pecanero, se calculó el área (ha) ocupada por este tipo de cobertura en cada una de las imágenes y se restaron.

Resultados

Se obtuvo un área de 80.59 ha de superficie ocupada de nogal pecanero para la imagen del 28 de Marzo del 2002 y 71.94 ha de área ocupada en la imagen del 21 de Abril del 2012 (Figura 1). Esto es una diferencia de 8.64 ha, es decir se deforestó 0.86 ha/año.

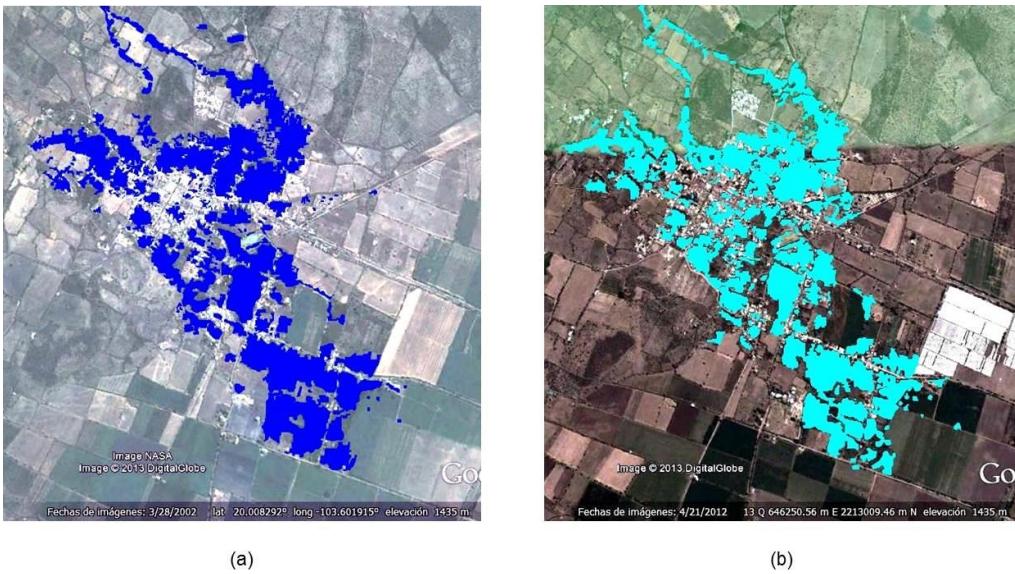


Figura 1. Selección de nogal pecanero en las dos imágenes (a) 2002 y en (b) 2012.

Conclusiones y perspectivas

- En la localidad de Amacueca, Jal, sigue incrementándose la zona urbana y deforestando poco a poco para la construcción de vivienda principalmente.
- Utilizando imágenes Landsat o Spot de la zona de estudio de fechas más antiguas nos proporcionará información de cuánto se ha perdido en los últimos 20 años.
- Es necesario socializar los resultados con las autoridades para que reglamente los cambios de uso de suelo en el municipio de Amacueca, Jalisco.

Bibliografía

Consejo Estatal de Población (COEPO). 2010. Municipio de Amacueca, Región Sur.
<http://sieg.gob.mx/contenido/Municipios/Amacueca.pdf>. Fecha de consulta 9 de agosto del 2013.

EVALUACIÓN DE CANOLA (*Brassica napus L.*) COMO COBERTERA VEGETAL EN NOGAL PECANERO EN LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA

**Wilfrido Verdugo Zamorano, Agustín Alberto Fu Castillo, Rodolfo Franco Galindo,
Ana Aurora Fontes Puebla**

INIFAP. Km. 12.6 Carret. Bahía Kino, Hermosillo, Sonora.
verdugo.wilfrido@inifap.gob.mx

Resumen

El nogal pecanero *Carya illinoensis* es uno de los frutales caducifolios más importantes del norte de México, sin embargo, el complejo de los áfidos monófagos o “pulgones” representan uno de los factores limitantes en la productividad del cultivo. Sin embargo, se ha visto que la utilización de coberturas vegetales favorece el control biológico natural de esta plaga, al inducir la atracción de insectos benéficos depredadores que regulan su densidad poblacional. Con el fin de conocer el efecto de las coberturas vegetales sobre la plaga, se realizó un estudio donde se evaluaron 3 diferentes variedades de canola en 3 fechas de siembra y medir la incidencia de los insectos benéficos sobre la plaga de áfidos en árboles de nogal pecanero en la Costa de Hermosillo, Sonora. Las variedades de canola utilizadas fueron Canomex, Aztecan y Centenario; las fechas de siembra de las coberturas fueron: 13 de diciembre del 2012, 9 de enero y 3 de febrero del 2013. La recolección de insectos benéficos y plagas, se hizo semanalmente utilizando una red sobre el follaje de la canola para capturar el mayor número de insectos posible. Los resultados indican que no existe diferencia entre las variedades de canola sembradas, considerando los promedios de las poblaciones de insectos benéficos; pero en fechas de siembra tempranas, la atracción de estos organismos se dio en mayor cantidad. La especie que registró mayor presencia en el estudio, fue *Hippodamia convergens* representando el 65% del total de los insectos benéficos encontrados. Asimismo, al utilizar canola como cobertura entre líneas de árboles de nogal, se redujeron en un 28.17% los niveles de ninfas de pulgón amarillo de márgenes negros, mientras que las poblaciones de insectos benéficos aumentaron en un 125%.

Introducción

El nogal pecanero *Carya illinoensis* es uno de los frutales caducifolios más importantes del norte de México (Tarango, 2005), con una valor de producción de más de 4,773 millones de pesos a nivel nacional en el 2012 (SIAP, 2013), siendo los problemas fitosanitarios uno de los factores limitantes en la productividad del cultivo.

El complejo de los áfidos monófagos “pulgón amarillo de alas con márgenes negros” *Monellia caryella* (Fitch), “pulgón amarillo” *Monelliopsis pecanis* (Bissell) y “pulgón negro” *Melanocallis caryaefoliae* (Davis), constituye una de las plagas principales del nogal (Duarte, 1997) y una de las más ampliamente distribuidas, con niveles de infestación de medios a altos. Estos áfidos se alimentan de la savia en las hojas y los daños tienen diversos efectos en la fisiología y productividad del árbol pudiendo producir pérdidas monetarias elevadas si no se tiene control sobre la plaga (Harris, 1983).

Hoy en día el cultivo del nogal exige una mayor productividad, implicando un uso tecnificado de los insumos y la conservación de los recursos naturales. En este sentido, las coberturas vegetales en las huertas tienen efectos múltiples como la provisión de alimento y materia

orgánica para las plantas, conservación de suelos, “producción” de insectos benéficos y reducción del uso de maquinaria y ciertos insumos (Bugg *et al.*, 1991).

Actualmente el uso del control biológico está retomando interés, debido al alto costo de los fertilizantes, los problemas ambientales y su utilización en el manejo integrado de plagas. El control biológico natural efectivo de los áfidos de árboles frutales se da cuando ocurre actividad combinada de distintos insectos benéficos (Messing y Aliniaze 1985, LaRock y Ellington 1996). En las nogaleras sin uso de plaguicidas existe una alta correlación entre la densidad poblacional de los áfidos y las poblaciones de enemigos naturales (coeficiente de correlación canonica de 0.82 a 1.0). La relación entre ambos grupos de insectos es del tipo densodependiente; es decir, los áfidos son el alimento de los depredadores, al incrementarse la densidad de áfidos crece la población de depredadores (por reproducción e immigración), y al haber más insectos benéficos aumenta el consumo de áfidos (Tarango y Chávez 1997). Este grado de densodependencia implica que los entomófagos inciden sobre la plaga de tal manera que pueden regular su densidad poblacional (Frazer, 1988).

El fenómeno y conservación de insectos benéficos por las coberturas vegetales favorecen el control biológico natural; atraen primero a pulgones u otros insectos presa, y luego a los depredadores (Tedders 1993). En general, la entomofauna presente en las huertas es más rica cuando la flora del piso varía, condición que puede promover un equilibrio entre la plaga y los enemigos naturales. La protección de la fauna benéfica se conserva con cultivos de refugio y coberturas (Altieri y Schmidt, 1986).

Con lo anterior, el objetivo de este trabajo se centró en la evaluación de 3 variedades y 3 fechas de siembra de canola como cobertura vegetal, para la atracción de insectos benéficos en el cultivo del nogal pecanero en la Costa de Hermosillo, Sonora.

Materiales y métodos

Los experimentos fueron llevados a cabo en un campo comercial de un productor cooperante. Las variedades de Canola utilizadas fueron Canomex, Aztecan y Centenario; sembradas en el campo en orientación de sur a norte en el mismo orden que se mencionan entre las líneas de árboles jóvenes de nogal, de 6 años de edad. Cada una de las variedades tuvo una longitud de siembra de aproximadamente 50 m con separación entre ensayos de 25 m.

Las fechas de siembra fueron: 13 de diciembre del 2012, 9 de enero y 3 de febrero del 2013; utilizando riego por goteo para la irrigación de las coberturas. Una vez establecido el cultivo, la recolección de insectos se hizo utilizando una red pasándola sobre el follaje de la canola para capturar el mayor número de insectos posible. Posteriormente, las muestras fueron etiquetadas y transportadas en bolsas de plástico para su correcta identificación bajo estereoscopio; a cada muestra se le añadió una cantidad de 150 ml de alcohol al 75% para la conservación de los insectos. Para la recolección de fauna benéfica, los muestreos fueron llevados a cabo semanalmente, iniciando el día 12 de abril y terminando el 30 de mayo.

Para medir la incidencia de los insectos benéficos atraídos por las plantas de coberturas en los árboles de nogal, se muestrearon las hojas compuestas de los árboles y se evaluó la cantidad de ninfas de pulgón en las hojas compuestas de los árboles y se registró la cantidad de ninfas, adultos, adultos parasitados, insectos benéficos y el daño por mielecilla encontrada en las hojas.

Resultados y discusión

Tomando los promedios de los insectos benéficos muestreados, no existió diferencia estadística entre las variedades de canola plantadas; sin embargo, el factor de la fecha de siembra fue significativo de acuerdo al número de insectos encontrados.

La fecha de siembra que presentó una media más elevada con respecto a los insectos encontrados fue la del 13 de diciembre. En el mismo grupo estadístico, se encuentra la segunda fecha de siembra del 8 de enero. La última fecha del 5 de febrero, representó una diferencia significativa con respecto a las dos primeras fechas de siembra, presentando promedios de insectos benéficos más bajos.

En el Cuadro 1, se muestra el promedio de insectos benéficos por cada uno de los tratamientos, en dónde las dos primeras fechas de siembra presentan diferencia estadística con la tercera, mostrando promedios más elevados.

Cuadro 1. Promedio de insectos benéficos por tratamiento

Variedad	Fecha			Total
	13/12/2012	08/01/2013	05/02/2013	
Canomex	3.70	3.91	0.77	2.79 a
Aztecan	4.93	3.14	2.25	3.44 a
Centenario	5.05	2.38	1.75	3.06 a
Total	4.56 a	3.14 a	1.59 b	

*Letras distintas denotan diferencia estadística

En el Cuadro 2, se muestra el promedio de los géneros de los insectos benéficos encontrados en nueve fechas de muestreo realizadas entre el 12 de abril y el 7 de junio de 2013. En la Figura 1 se puede observar que los insectos de *Hippodamia convergens* se encontraron en mayor porcentaje en las coberturas, representando el 65% del total de los insectos benéficos encontrados.

Cabe mencionar que se encontraron 6 géneros de insectos benéficos: *Hippodamia convergens*, mosca sírfida de la familia *Syrphidae*, las conocidas chinches asesinas *Zelus exsanguis* y *Sinea diadema*, crisopa verde de la familia *Chrysopidae*, y *Mantis religiosa*.

Cuadro 2. Promedio de insectos benéficos en coberturas

Insecto	Media
<i>H. convergens</i>	10.9 a
<i>Syrphidae</i>	3.32 b
<i>Chrysopidae</i>	1.19 c
<i>Zelus exsanguis</i>	0.93 cd
<i>Mantis religiosa</i>	0.37 cd
<i>Sinea diadema</i>	0.17 d

*Literales distintas denotan diferencia estadística

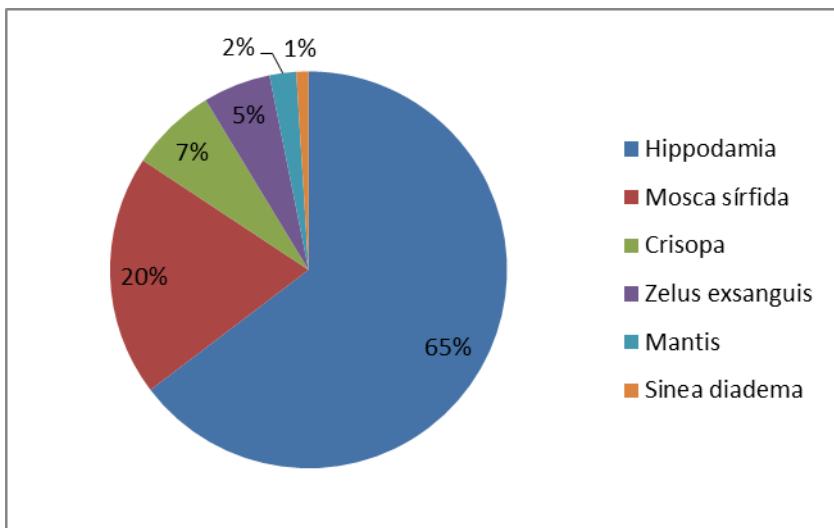


Figura 1. Porcentaje de insectos benéficos en coberteras.

Por otra parte, se realizó una dinámica poblacional con los promedios de los insectos capturados en las nueve fechas de muestreo realizadas. En la figura 2, se puede apreciar un pico poblacional el cual alcanza un promedio máximo de 6.19 insectos que corresponde a la fecha del 9 de Mayo. El comportamiento de los insectos corresponde a una distribución exponencial, lo cual explica un aumento hasta llegar a un punto máximo para luego descender.



Figura 2. Dinámica poblacional de insectos benéficos

Por otra parte, se evaluó el efecto de la migración de los insectos benéficos y se cuantificaron las poblaciones de pulgón presentes en las hojas de los árboles de nogal. Los resultados indican que existe un mayor número de ninfas de pulgón, encontradas en árboles de nogal que no tuvieron coberteras, con respecto a los árboles que contenían canola entre sus líneas. Asimismo, se encontraron mayores poblaciones de insectos benéficos en árboles con coberteras.

En el Cuadro 3 se presentan los promedios de insectos tanto de pulgones como benéficos. Se observa que existe diferencia significativa en el número de ninfas y la cantidad de insectos

benéficos registrados. Con esto, se infiere en que las coberturas atraen un mayor número de insectos benéficos y que estos depredan mayores cantidades de ninfas en los árboles de nogal.

Cuadro 3. Promedio de insectos y daño por mielecilla en árboles de nogal

Tratamiento	Pulgones				Benéficos
	Ninfas	Adultos	Parasitados	Mielecilla	
Coberteras	2.32 a	0.57 a	0.03 a	0.61 a	0.63 a
Sin Coberturas	3.23 b	0.70 a	0.07 a	0.68 a	0.28 b

*Literales denotan diferencia estadística

Al utilizar coberturas se reduce en un 28.17% los niveles de ninfas de pulgón amarillo de márgenes negros, mientras que las poblaciones de insectos benéficos aumentan en un 125% al utilizar líneas de canola. Cabe mencionar que solo se encontró la especie de pulgón amarillo con alas de márgenes negros *Monellia caryella* (Fitch).

Conclusiones

Considerando los promedios de las poblaciones de insectos benéficos, no hubo diferencia entre las variedades de canola sembradas, pero sí en las fechas de siembra, siendo las tempranas las de mayor la atracción de éstos organismos. La especie de organismo benéfico que registró mayor presencia en el estudio, fue *Hippodamia convergens* representando un 65% del total de los insectos benéficos encontrados. Asimismo, al utilizar canola como cobertura entre líneas de árboles de nogal, se redujo en un 28.17% los niveles de ninfas de pulgón amarillo de márgenes negros, mientras que las poblaciones de insectos benéficos aumentaron en un 125%.

Literatura citada

- Altieri, M.A. and L.L. Schmidt. 1986. Cover crops affect insect and spider population in apple orchards. California Agriculture 40(1-2): 15-17.
- Bugg, R. L. 1991. Cool-season cover crops in the pecan orchard understory: effects on coccinellidae (Coleoptera) and pecan aphids (Homoptera: Aphididae). Biol. Control, 1:8-15.
- Duarte L., E. 1997. Daño por áfidos en nogal. En: L.A. Rodríguez y S.H. Tarango (eds). Manejo integrado de plagas del nogal. México. INIFAP-FPCH-FPNL. P. 69-80.
- Frazer, B.D. 1988. Coccinellidae. In: A.K. Minks and P. Harrewijn (eds). Aphids: Their biology, natural enemies and control. Vol.2. Elsevier. Amsterdam. P.217-230.
- Harris, M.K. 1983. Integrated pest management of pecans. Ann. Rev. Entomol. 28:291-318.
- LaRock, D.R and J.J. Ellington. 1996. An integrated pest management, emphasizing biological control, for pecan aphids. Southwest. Entomol. 21: 153-166.
- Messing, R.H. and M.T. Aliniaze 1985. Natural enemies of filbert aphids. J. Entomol. Soc. Brit. Columbia. 82: 14-18.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. 2013. Cierre de la producción agrícola por estado. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351
- Tarango R., S.H. y N. Chávez S. 1997. Control natural de áfidos amarillos (Homoptera: Aphididae) en nogal pecanero. Vedalia 4:3-7.
- Tarango, R., S.H. 2005. Control biológico de áfidos del nogal pecanero. Folleto técnico No.22. México. CEDEL-INIFAP. 37 p.
- Tedders, W.L. 1993. Insectos benéficos en huertas nogaleras en: XII conferencias internacionales sobre el cultivo del nogal. Sonora. México. Sp.

INSPECCIONES DE SANIDAD EN PLANTAS PROCESADORAS DE NUEZ PARA BUSQUEDA DE INFESTACIONES POTENCIALES DE INSECTOS

Francisco Javier Wong Corral¹, Agustín Alberto Fu Castillo², Wilfrido Verdugo Zamorano²,
Jesús Borboa Flores¹

¹Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora. Luis Encinas y Rosales S/N Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México.

² INIFAP, Km. 12.6 Carretera a Bahía Kino, Hermosillo, Sonora.
fjwong@guayacan.uson.mx

Resumen

En la Costa de Hermosillo; se detectaron en el 2009, ataques de plagas de almacén, identificándose a *Ephestia* (Fam. Lepidóptera) y *Tribolium* (Coleóptera). Actualmente existe poca información sobre los insectos plaga y sus daños en la nuez. Inspecciones en plantas de empaque indican huertos cercanos a sitio de producción de compostura, donde todo el año existe presencia de pacas de trigo. Así también, se encontró que en plantas empacadoras, se presenta nuez contaminada con plagas de almacén. La mayoría de los daños se registraron en nueces abiertas. En este muestreo se detectaron daños superiores al 20% en nueces. La cuantificación de daños mostró que las plagas de almacén, afectan la producción entre el 1 y 11% promediando un 3.5%. Los daños potenciales fluctuaron del 7 al 11%; y se tuvo presencia en el 25% de los huertos. En todas las variedades se detectaron daños. El análisis de muestras colectadas en el huerto, al momento de la cosecha arrojó daños entre 7 y 9%.

Introducción

El nogal pecanero [(*Carya illinoensis* (Wangen.) K.Koch] es uno de los frutales caducifolios más importantes del norte de México (Comenuez, 2008). Sonora es el tercer estado con mayor superficie plantada con 9,561.5 Ha después de Chihuahua y Coahuila, y el segundo lugar en producción a nivel nacional con 17,146.9 toneladas al año con un valor de más de \$824 millones de pesos en el 2012. Esta producción contribuye a la actividad económica para los habitantes de la región donde es cultivada y procesada (SIAP, 2013).

Los insectos plagas representan un factor limitante de la productividad del cultivo. Las plagas primarias del nogal son el gusano barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* Neunzig (GBN), el pulgón amarillo *Monelliopsis pecanis*, pulgón amarillo de márgenes negros *Monellia caryella* y el pulgón negro *Melanocallis caryaefoliae* (Rodríguez y Tarango, 1997).

En la Costa de Hermosillo, Sonora; posterior a la cosecha de la nuez, ésta es transportada hacia un empaque, donde se desruezna, limpia, cepilla y empaca para su comercialización. En la región existen más de 15 plantas procesadoras, de diferente capacidad y tecnología. En Noviembre de 2009; un embarque de nuez pecanero cosechado en huertos de la Costa de Hermosillo; presentó severos ataques de plagas de almacén. Actualmente existe poca información sobre los insectos plaga, así como los daños que éstos producen en la producción de la nuez (Fu *et al.*; 2012). Existe información de plagas de almacén atacando productos almacenados con daños entre 1 al 25% (Anónimo, 1986; Sukprakarn, 2012). El conocimiento de las especies plagas, así como los daños que estas producen, es importante para la aplicación de un programa de manejo para la prevención y buen control de plagas del producto almacenado (Walter, 1990; Mason y Gibbs, 2010). Debido a la importancia del nogal se planteó el siguiente estudio con los objetivos de realizar inspecciones de sanidad y muestreo en 3 plantas procesadoras de nuez, así como cuantificar los daños e identificar las zonas de riesgo, para emitir recomendaciones para un manejo integral de plagas de insectos en productos almacenados.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó durante los ciclo del cultivo en el período 2009 al 2012, de julio a noviembre. Las plantas procesadoras inspeccionadas fueron: Productora de Nuez S.P.R.; Campo Grande y San Sebastián.

Inspecciones y muestreos: se observaron en forma minuciosa y crítica las instalaciones, equipos de transporte, manejo y proceso, materiales y equipo de empaque y almacenamiento para buscar y registrar las fuentes potenciales y existentes de contaminación por insectos. También se recolectó información en el exterior de las plantas procesadoras.

Cuantificación de daños: Al final de la cosecha en 2 plantas empacadoras, se tomaron al azar 20 muestras provenientes de diferentes huertos de nogal, cosechados en el mes de noviembre. En cada lote se seleccionaron 100 nueces. Posteriormente cada nuez se quebró, manualmente y se cuantificó el número de frutos (semillas) con daños de plagas de almacén. Simultáneamente al muestreo anterior, se colectaron en campo dos muestras de nueces al momento de la cosecha, y se procedió a realizar el análisis de daños.

Resultados y discusión

Inspecciones y muestreos

Se observó que las tres empacadoras se encuentran ubicadas al aire libre, sin barreras de contención o mallas que limiten el ingreso de insectos o aves. Los empaques de San Sebastián y Campo Grande se ubican cercanos a plantaciones de nogal y cultivos de granos. Adicionalmente, Campo Grande se encuentra muy cercano a un sitio de producción de composta, donde todo el año existe presencia de pacas de trigo. En la planta Productora de Nuez, S.P.R. se concentran nueces de distintas huertas y la contaminación puede ser por diferentes embarques, bajo diferentes condiciones agroecológicas de huertos. Así también en este empaque existe mucha nuez, que no cumplió con los requisitos de calidad, la cual se encontró en depósitos o montículos. La mayoría de los daños de plagas de almacén, se registraron en nueces abiertas; un porcentaje muy reducido se encontró en nueces cerradas. En este muestreo se detectaron daños en nueces superiores al 20%.

Possiblemente la contaminación inicial por estas plagas inicie en campo, y en almacén se tengan las condiciones ideales para su desarrollo; sin embargo, en la planta de Productora de nuez, se encontraron frutos viejos con presencia de la plaga.

Cuantificación de daños

Los resultados de las de bodegas donde se encuentran almacenadas las nueves, muestran que en la mayoría de los daños por plagas de almacén se registraron en nueces abiertas. En las tres plantas empacadoras se encontraron plagas de almacén, identificándose a *Ephestia* (Fam. Lepidóptera) y *Tribolium* (Coleóptera) como las más importantes. Los resultados indican que todos los huertos registraron daños de plagas de almacén, los cuales fluctuaron entre 1 y 11% promediando un 3.5% (Cuadro 1). Particularmente en el año 2012, el 50% de los insectos encontrados fueron larvas y adultos de *Tribolium* sp. Los daños potenciales fluctuaron entre 7 y 11% en el 25% de los huertos y en el resto varió de 1 a 5%. En todas las variedades se detectaron daños.

El análisis de las muestras colectadas en el huerto, al momento de la cosecha, arrojó daños entre 7 y 9%. En ambos casos los daños se registran únicamente en nueces abiertas. En algunos casos a simple vista, no se detecta una abertura en el fruto; sin embargo con apoyo de lupas de 16X o microscopio, se observan pequeñas aberturas en el ápice de la nuez.

Cuadro 1. Daños de plagas de almacén (%) en nuez pecanera en la Costa de Hermosillo, Sonora. 2012.

Lugar	Huerto	Variedad	Daño (%)
Almacén 1	P-01	Wichita	1
	P-25	Western	8
	P-28	Wichita	1
	P-30	Western	1
	P-36	Wichita	1
	P-41	Wichita	3
	P-45	Wichita	1
	P-48	Wichita	1
	P-54	Western	1
Almacén 2	P-82	Wichita	3
	P-02	Mahan	7
	P-06	Mahan	1
	P-11	Mahan	8
	P-13	Sioux	11
	P-14	Mixta	2
	P-22	Sioux	2
	P-25	Mahan	9
	P-30	Mezcla	2
Huerto	P-65	Western	5
	P-111	Western	2
	1	Western	9
	2	Wichita	7

¹Daños en nuez abierta.

Recomendaciones

1. Producto terminado. Debe de encontrarse sano, seco, limpio y envasado con bajo contenido de humedad, en contenedores (cajas o sacos) que permitan la ventilación del producto y estibados uniformemente sobre tarimas o pallets.

Durante su almacenamiento deben efectuarse muestreos periódicos representativos para detectar posibles incrementos de humedad de la nuez que puedan generar el desarrollo de hongos e insectos.

2. Almacén: el destinado al almacenamiento de nuez debe reunir las siguientes características:

- a).- Pisos y muros interiores lisos y limpios.
- b).- Techos herméticos.
- c).- Marcación del perímetro sanitario en pisos.
- d).- Marcación de los cuadros para cada lote.

Almacenaje: Antes de almacenar la nuez deberá efectuarse:

- a) **Saneamiento:** Limpieza interior y exterior de bodegas y plantas de empaque. Acondicionamiento sanitario a base de aspersión de insecticida piretroide, en la parte externa, preferentemente deltametrina sinergizada con butóxido de piperonilo (1 cc producto comercial/ litro de agua). En la parte interna de la empacadora, la aspersión de soluciones jabonosas (5 grs) más cloro (5 cc) por litro de agua, en pisos y muros interiores y cordón sanitario exterior, para evitar infestación de plaga de almacén a producto.
 - b) **Ventilación:** Para prevenir el desarrollo de hongos e insectos, el almacén se debe de contar con equipo de circulación de aire mediante ventiladores de techo y de pared, para mantener una baja temperatura y una humedad relativa menor al 70%,
 - c) **Puertas:** Las puertas del almacén deben ser de cortinas metálicas enrollables, con guardapolvos, así como contar con cortinas de aire para evitar el ingreso de insectos.
3. **Gestión de calidad de calidad:** Como en toda planta de alimentos, debe implementarse un sistema de gestión de calidad. Es altamente recomendado el sistema (HACCP), (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), teniendo en cuenta las buenas prácticas de almacenamiento (BPAL) y Las buenas prácticas de manufactura (BPM) y el Manejo Integrado de Plagas (MIP).

4. Control de plagas:

- a) Para el control de plagas presentes en la nuez, se debe proceder a su fumigación gaseosa cubriendo los lotes infestados con película de polietileno natural calibre 600, - sellando en el piso con cinta adhesiva de tela- y aplicando fumigantes como el bromuro de metilo (CH_3Br) o el Fosfuro de Hidrógeno (PH_3) por un periodo de exposición de 96 horas, al término del cual deberá destaparse, ventilar y verificar, mediante muestreo, el resultado de dicho tratamiento.
- b) El muestreo y control de las plagas de almacén, se complementa con el uso de trampas y feromonas para las especies *Ephestia* y *Tribolium*, considerando una unidad cada 100 m^2 . En plantas de empaque cercanas a huertos de nogal, colocar estas unidades de muestreo dentro del huerto.
- c) Durante todo el período de empaque, realizar limpieza permanente de residuos de fruta y hojas.

Conclusiones

Las inspecciones en plantas empacadoras indican contaminación de plagas de almacén en huertos y plantas de empaque. Las plagas primarias identificadas fueron *Ephestia* (Fam. Lepidóptera) y *Tribolium* (Coleóptera). Asimismo, la mayoría de los daños de plagas de almacén se registraron en nueces abiertas. La cuantificación de daños mostró que las plagas de almacén, afectan la producción entre del 1 al 11%. En todas las variedades se detectaron daños. En muestras colectadas en el huerto, al momento de la cosecha se tuvieron daños de 7 y 9%.

Bibliografía

- Anonymous. 1986. Stored-Grain Insects U.S.D.A. Agricultural Handbook 500.
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria 1998. Diagnóstico y observación de muestras entomológicas, Dirección general de Sanidad Vegetal. SAGARPHA. Coyoacán, México. 4p.

- COMENUEZ.2008.La Nuez. <http://www.comenuez.org/xoo/modules/tinycontent/index.php?id=1>(Revisado 20 Noviembre 2008).
- Sukprakarn Ch. 2012. Insect pests of stored products. <http://www.fao.org/docrep/x5036e/x5036e00.htm> (Rev. 15/Ago/2013)
- Fu, C.A.A.; F. Wong C. y W.Verdugo Z. 2012. Validación de tecnología sobre el manejo integrado de plagas en nogal. Informe final FPS. (Informe Inédito)
- Mason, J.L. and T. Gibb J. 2010. Stored Product Pests. Department of Entomology. PURDUE EXTENSION. E-37-W.
- Ramírez M., M. 1994. Biología e identificación de insectos de granos almacenados. MEMORIAS. Taller de insectos en Granos Almacenados. Septiembre 5-9 de 1994. Programa Universitario de Alimentos. UNAM. 63 p.
- Rodríguez Del Bosque, L.A. y S.H. Tarango R. 1997. Manejo integrado de plagas del nogal. INIFAP. 307 pp.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. 2013. Cierre de la producción agrícola por estado. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351.
- Walter VE. 1990. Stored product pests. *In* Handbook of Pest Control (Story K, Moreland D. (editors.)). Franzak & Foster Co., Cleveland, OH. pp. 526-529.

SITUACIÓN ACTUAL DE INSECTOS MINADORES ASOCIADOS AL NOGAL PECANERO EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

Gerardo García Nevarez¹, S. Héctor Tarango Rivero¹ y A. Aurora Fontes Puebla

¹INIFAP - CEDEL, Km. 2 Carret. Delicias – Rosales. ²INIFAP–CECH, Hermosillo, Sonora.

garcia.gerardo@inifap.gob.mx.

Resumen

En huertas sin aplicación de plaguicidas en Delicias, Saucillo y Rosales, Chihuahua se hicieron muestreos semanales durante el ciclo agrícola 2012 con la finalidad de identificar y determinar el grado de daño causado por insectos minadores. En el tiempo y espacio explorados se han identificado dos especies, estas son: *Cameraria caryafoliella* y *Coptodisca* sp., la primera se observó solo en el municipio de Saucillo, mientras que la segunda estuvo presente en todos los sitios de muestreo. Ambas especies mostraron un crecimiento exponencial a mediados de agosto y el pico poblacional más alto se observó durante septiembre y octubre. El mayor número de foliolos con presencia de daño por *Coptodisca* sp. fue registrado en Saucillo con un promedio de 6.6, seguido de Rosales con 4.5 y Delicias con 1.7. En cuanto al daño ocasionado por *C. caryafoliella* en Saucillo, éste alcanzó un promedio de 2 foliolos como máximo.

Introducción

La superficie de nogal pecanero en el estado de Chihuahua, México supera las 60,000 hectáreas (Tarango y González, 2009) y entre los principales problemas fitosanitarios de este cultivo están el barrenador del ruezno (BR) *Cydia caryana* Fitch y el barrenador de la nuez (BN) *Acrobasis nuxvorella* (Neunzig), cuyo daño en los frutos varía de 5 a 62% y de 4 a 80%, respectivamente (Tarango et al., 2003).

En huertas de nogal en Estados Unidos se reportan cinco especies de insectos “minadores” que se alimentan del follaje del nogal pecanero. Una o dos especies de dichos insectos es (son) considerada(s) como plaga potencial, debido a que sus poblaciones se han incrementado poco a poco y con una tendencia como para afectar la cantidad y calidad de la producción. No obstante, esta plaga ha llegado a alcanzar el umbral económico en árboles en desarrollo durante los últimos años (Sutherland 2011).

En el estado de Chihuahua, una especie de minador (tipo “ampollador”) ha estado presente en las nogaleras del centro-sur de la entidad, pasando inadvertido por el mínimo de daños percibidos y la escasa detección por productores durante muchos años. En contraste, a partir del año 2010, sobre todo en 2011, el daño por estos insectos ha ocurrido de manera acelerada y ha llamado la atención de productores (Tarango, 2011; comunicación personal). Debido a lo anterior, los objetivos de la presente investigación fueron identificar las especies de minadores presentes en nogaleras de Chihuahua y determinar la fluctuación poblacional de las especies identificadas para cada zona en función del daño causado.

Materiales y métodos

Identificación de especies. Para llevar a cabo el proceso de identificación de especies de minadores, se colectaron foliolos con daño en árboles de nogal variedad Western en huertas del centro-sur de Chihuahua. El periodo de colección fue de mayo a octubre de 2012. Finalmente, se utilizaron los criterios de patrón de minas o túneles, la emergencia en cajas Petri de adultos y la observación directa de los estadios biológicos como metodologías de identificación (Payne et al., 1972; Cranshaw et al., 2009).

Fluctuación poblacional. Se hicieron muestreos a partir de abril de 2012 en tres huertas ubicadas en los municipios de Delicias, Rosales y Saucillo. Los muestreos fueron visuales en foliolos con el fin de determinar la fecha de primer daño. Adicionalmente, se muestreó en función del ciclo vegetativo. Finalmente, se contabilizó semanalmente el número de “minas” por foliollo, tomándose una submuestra de 5 foliolos por hoja compuesta de un total de 50 hojas en 10 árboles por huerta para definir dinámicas poblacionales por cada especie identificada.

Resultados

Especies identificadas. Los resultados obtenidos hasta el momento indican que las especies de minadores asociadas al nogal pecanero presentes en el centro-sur de Chihuahua son: *Cameraria caryaefoliella* Clemens (Lepidóptera: Gracillaridae) y *Coptodisca* sp. (Lepidóptera: Heliozelidae), siendo ésta última la más común y localizada en las tres áreas de estudio, *C. caryaefoliella* se encuentra localizada en la región de Saucillo, y cuyo daño es inapreciable en Delicias y Rosales.

La especie *C. caryaefoliella* forma “ampollas” irregulares en el haz del foliollo que pueden llegar a medir hasta 15 mm de diámetro y completa su ciclo biológico bajo la epidermis del follaje. Por otro lado, *Coptodisca* sp. pupa en el exterior y es la única de las cuatro especies de minadores reportados por Payne *et al.* (1972) en árboles de nogal que se alimenta en ambos lados del mesófilo del foliollo, por lo que las minas ocasionadas por su alimentación son translúcidas.

Fluctuación poblacional. Como se puede apreciar en la figura 1, los primeros daños por *Coptodisca* sp. en el municipio de Rosales se observaron a partir de inicios de junio, mostrando un crecimiento exponencial a mediados de agosto y alcanzando un máximo de 4.5 foliolos con presencia de galerías durante octubre. En lo que respecta a Delicias, para esta misma especie, se observó un comportamiento similar en el progreso del daño a través del tiempo, con la diferencia de que el daño al final del ciclo fue 3 veces menor (1.5 foliolos con daño como máximo) (figura 2). La mayor presencia de *Coptodisca* sp. se registró en el municipio de Saucillo, lugar donde el pico poblacional más alto fue de 6.6 foliolos en promedio (figura 3).

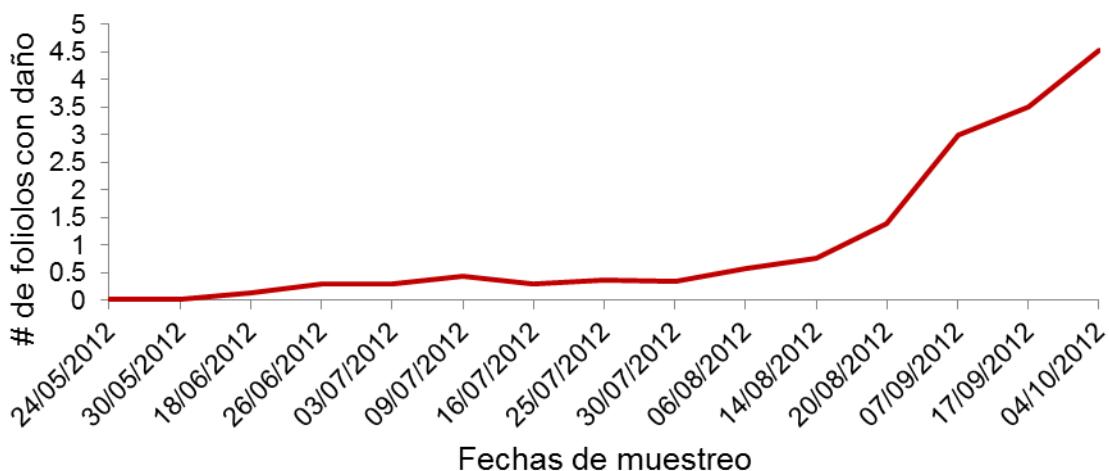


Figura 1. Dinámica poblacional de *Coptodisca* sp. en Rosales, Chih. (CEDEL-INIFAP 2012).

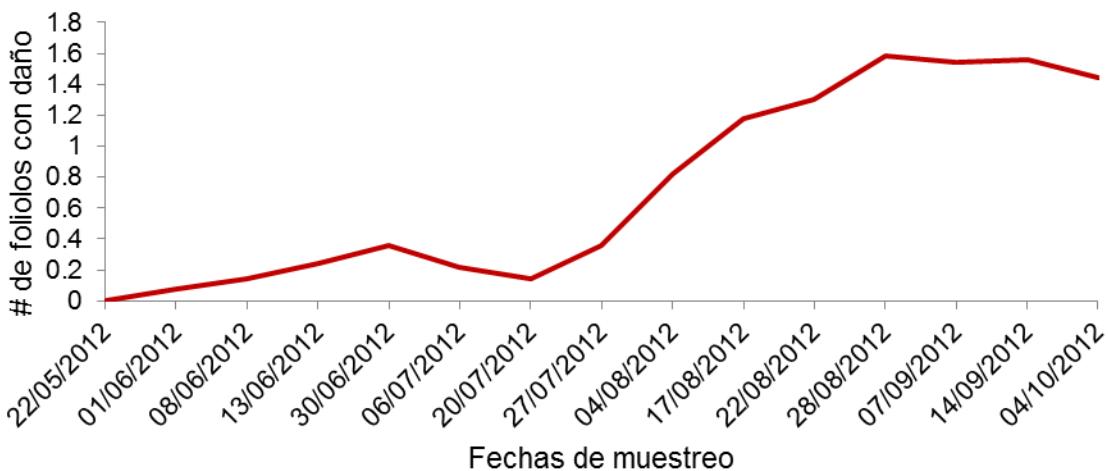


Figura 2. Dinámica poblacional de *Coptodisca* sp. en Delicias, Chih. (CEDEL-INIFAP 2012).

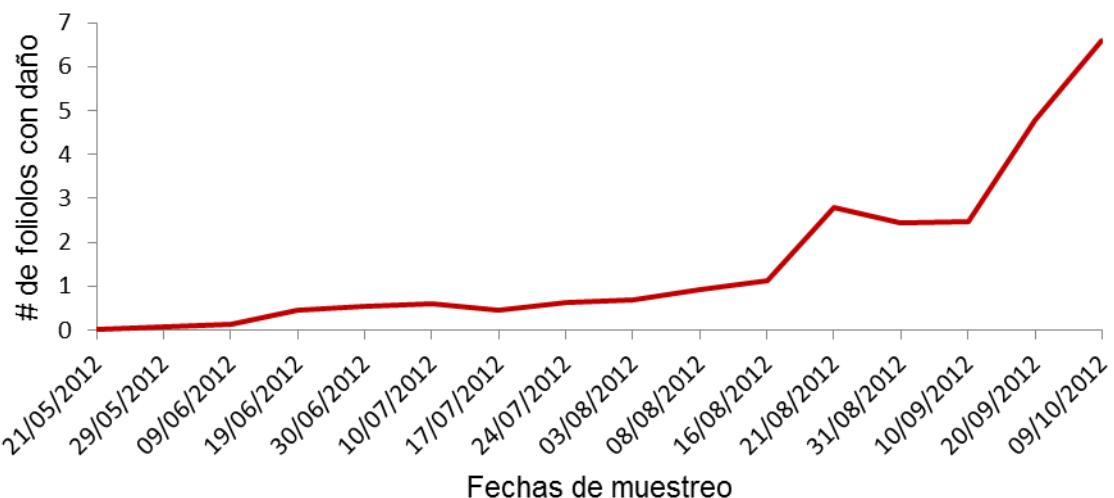


Figura 3. Dinámica poblacional de *Coptodisca* sp. en Saucillo, Chih. (CEDEL-INIFAP 2012).

El minador *C. caryaefoliella* se localizó únicamente en el municipio de Saucillo, donde se observó un máximo de 2 foliolos en promedio con presencia de minas causadas por este insecto (figura 4). Lo anterior no significa que dicha especie no esté presente en huertas de Delicias y Rosales, ya que el daño característico por esta especie se ha observado en huertas de estos municipios pero de manera muy aislada y desapercibida.

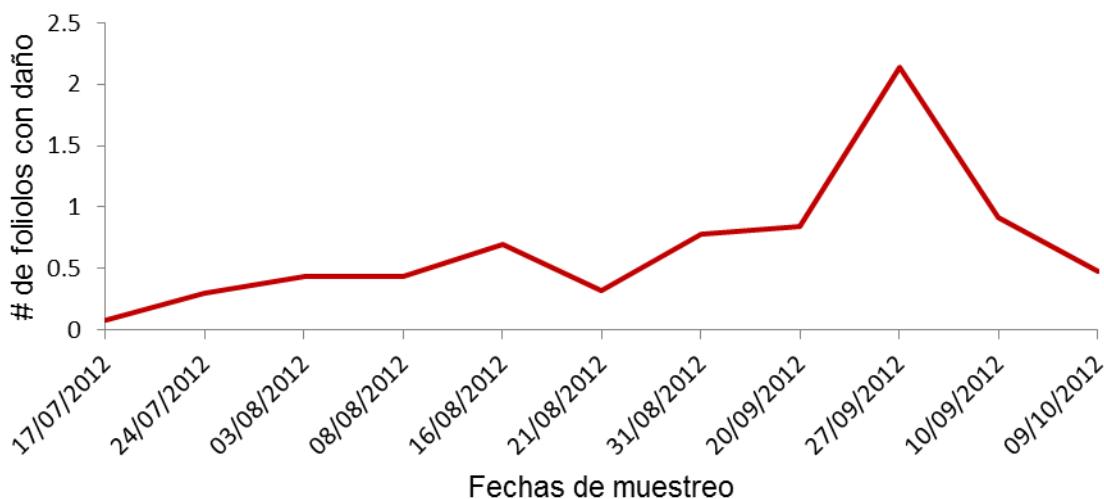


Figura 4. Dinámica poblacional de *Cameraria caryaefoliella* en Saucillo, Chih. (CEDEL-INIFAP 2012).

Conclusiones

Las especies de minadores identificadas en huertas nogaleras del centro-sur de Chihuahua son *Coptodisca* sp. y *Cameraria caryaefoliella*. El daño ocasionado por la primera es fácilmente perceptible en Delicias, Rosales y Saucillo, Chihuahua. Mientras que la segunda sobresale únicamente en Saucillo. Ambas especies aumentan su densidad poblacional durante el mes de septiembre.

Agradecimiento

Este trabajo forma parte del proyecto: **Control integrado de plagas y enfermedades y uso eficiente del agua de riego en el cultivo de nogal pecanero**. Clave 2011-13-175247. Financiado por CONACYT.

Literatura citada

- Cranshaw, W.S.; D.A. Leatherman and J.R. Feucht. 2009. Leafmining insects. Fact 5.548. University of Colorado State.
- Payne, J.A.; W.L. Tedders; G. Cosgrove and F. Don. 1972. Larval mine characteristics of four species of leaf-mining lepidoptera in pecan. Ann. Entomol. Soc. Amer. 65(1):74-81.
- Sutherland, C. 2011. Potential pecan pests to ponder leafminers and hickory shuckworm in New México, 2010. In: 45th Annual Western Pecan Growers. New Mexico State University.
- Tarango R., S.H.; H. Aguilar P. y F.J. Quiñones P. 2003. Biología, muestreo y control de los barrenadores del ruezno y de la nuez. Folleto técnico No. 12. CEDEL-INIFAP. México. 26 p.
- Tarango R., S.H. y A. González H. 2009. Especies, fluctuación poblacional y enemigos naturales de chinches (Hemíptera: Pentatomidae, Coreidae, Largidae) asociadas a nogal pecanero. J. Southw. Entomol. 34: 305-318.

DIVERSIDAD DE INSECTOS PLAGA EN PRE Y POSTCOSECHA DE LA NUEZ PRODUCIDA EN LA COSTA DE HERMOSILLO

Francisco Javier Wong Corral¹, Agustín Alberto Fu Castillo², Jesús Borboa Flores¹, Wilfrido Verdugo Zamorano².

¹ Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora. Luis Encinas y Rosales S/N Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México.

² INIFAP, Km. 12.6 Carretera a Bahía Kino, Hermosillo, Sonora.
fjwong@guayacan.uson.mx

Resumen

El cultivo del nogal pecanero es actualmente un cultivo altamente rentable y su factor limitante en la producción son los insectos plaga durante el ciclo del cultivo. Una vez cosechada la nuez, se envía a las plantas procesadoras donde se desruezna, limpia, cepilla y se empaca el producto, antes de su comercialización; en esta etapa de almacenamiento, los insectos plaga han sido causa de muchas pérdidas de producción de alimentos en general, lo que se traduce como pérdidas económicas importantes, estimándose pérdidas entre un 5 y 10% de la producción de alimentos. Actualmente se sabe muy poco sobre los insectos plaga de la nuez almacenada y es un tema de interés para los productores de dicho fruto, puesto que existe muy poca documentación sobre este tipo de plagas. Este trabajo se realizó con el fin de conocer la diversidad de los insectos plaga de productos almacenados que pudieran atacar al nogal en la Costa de Hermosillo, Sonora. El estudio se realizó del período de julio a noviembre de 2009, utilizando trampas con feromonas cada 15 días en tres campos de productores y plantas procesadoras de nogal. Se colectaron un total de 214 coleópteros, identificándose 7 especies de insectos plaga; además se recolectaron más de 500 individuos del orden *Lepidóptera*, identificándose 4 especies de importancia. Los índices de diversidad (*H*) aplicados para conocer la variedad de insectos plaga, fluctuaron particularmente en cada sitio. Asimismo, existe una amplia diversidad de insectos plagas en el cultivo del nogal pecanero en pre y postcosecha que pueden llegar a presentar daños importantes en el producto almacenado, por lo que lo que debe ser un foco de atención para el establecimiento de una estrategia de manejo de control integrado.

Introducción

El nogal pecanero [(*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K.Koch)] es uno de los frutales caducifolios más importantes del norte de México (Comenuez, 2008). Sonora es el tercer estado con mayor superficie sembrada, con 9,561.50 Ha después de Chihuahua y Coahuila, y el segundo lugar en producción a nivel nacional con 17,146.93 toneladas en el año con un valor de producción de más de \$824 millones de pesos en el 2012. Esta producción contribuye a la actividad económica para los habitantes de la región donde es procesada (SIAP, 2013).

Los insectos plaga representan el factor limitante de la productividad del cultivo. Las plagas primarias del nogal son el gusano barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* Neunzig (GBN), el pulgón amarillo *Monelliopsis pecanis*, pulgón amarillo de márgenes negros *Monellia caryella*, el pulgón negro *Melanocallis caryaefoliae* y el gusano barrenador del ruezno *Cydia caryana* (GBR). Entre las de importancia secundaria destacan el barrenador del tronco y la madera *Euplatypus segnis* y las chinches *Nezara viridula*, *Chlorochroa ligata* y *Leptoglossus zonatus* (Rodríguez y Tarango, 1997; Nava, 1994; Fu y Nava, 2007).

Las plagas de almacén han sido causa de muchas pérdidas de producción de alimentos en general, lo que se traduce como pérdidas económicas importantes. Se estiman pérdidas entre 5 a 10 % de la producción de alimentos a causa de los insectos. En ciertos países esas cifras se expanden hasta el 50% (Dobie et. al; 1991).

En la Costa de Hermosillo, Sonora; el proceso final de la cosecha de nuez, se realiza en empaques, donde se desruezna, limpia, cepilla y empaca la nuez, antes de su comercialización. En la región existen más de 15 plantas procesadoras, de diferente capacidad y tecnología. En Noviembre del 2009, un embarque de nuez pecanera cosechada en huertos de la Costa de Hermosillo, presentó severos ataques de plagas de almacén, dónde se detectaron daños en nueces superiores al 20%. Actualmente existe poca información sobre las plagas que atacan a la producción de nuez almacenada; el conocimiento de estas especies es de vital importancia para la aplicación de un buen control de plagas. Debido a que el problema es todavía ignorado por las empresas que se dedican a éste rubro, no ha habido ningún tipo de atención hacia la problemática de este tipo de plagas, salvo la cuantificación de pérdidas en el producto afectado. Por tal motivo, se planteó el objetivo de obtener la diversidad de insectos plagas en la pre y postcosecha del nogal pecanero utilizando trampas de feromonas en tres campos de la Costa de Hermosillo, Sonora, México; mediante la captura de especies de insectos en postcosecha de la nuez utilizando muestreos con trampas cada 15 días e identificando posteriormente mediante claves taxonómicas.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en tres campos de productores y plantas procesadoras de nuez durante el ciclo del cultivo en el 2009, desde el mes de julio hasta el mes de noviembre. La captura de insectos se realizó mediante trampas delta con feromonas de agregación, las cuales tienen un pegamento especial muy leve que impide que los insectos que lleguen atraídos por la feromona no se desprendan y queden atrapados. Dicha feromona fue reemplazada cada 30 días y las trampas cada 15 días.

Las variables evaluadas fueron adultos de insectos plaga del orden *Coleóptera* y *Lepidóptera*. Los insectos capturados se extrajeron con ayuda de pinzas y agujas de disección y enseguida se colocaron en placas Petri. La determinación taxonómica de las especies de insectos plaga se realizó mediante las claves taxonómicas de Gorham (1987) y Haines (1991).

Para comparar la diversidad de insectos plagas capturadas entre los sitios de muestreo se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H). El material biológico fue depositado en el insectario del Laboratorio de Entomología del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (DIPA).

Resultados

Se revisaron 120 muestras de las cuales se colectaron un total de 214 individuos del Orden *Coleóptera* y más de 500 individuos del Orden *Lepidóptera*. Dentro del Orden *Coleóptera*, se encontraron 7 familias: *Cucujidae*, *Anobiidae*, *Dermestidae*, *Tenebrionidae*, *Bostrichidae*, *Silvanidae* y *Nitidulidae*, 7 géneros y 7 especies (Cuadro 1). Estas especies están reportadas como plagas de granos almacenados y de distribución cosmopolita (Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, 1998: Ramírez, 1994).

Cuadro 1. Especies del Orden Coleóptera, capturados en tres sitios de la Costa de Hermosillo.

Familia	Especie	No. de Individuos
Cucujidae	<i>Cryptolestes spp</i>	25
Dermestidae	<i>Trogoderma glabrum</i>	7
Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i>	45
Bostrichidae	<i>Ryzopertha dominica</i>	5
Anobiidae	<i>Lasioderma serricorne</i>	35
Silvanidae	<i>Oryzaephilus mercator</i>	21
Nitidulidae	<i>Carpophilus hemipterus</i>	25

En el Orden *Lepidóptera*, se detectaron 4 géneros, 4 especies que pertenecen a tres familias, que son las más representativas de las especies plagas de los productos almacenados. El número de individuos capturados fue mayor que en el de los coleópteros, aunque fue menor el número de especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies del Orden *Lepidóptera*, capturados en tres sitios de la Costa de Hermosillo.

Familia	Especie	No. de Individuos
Pyralidae, Phycitinae	<i>Plodia interpunctella</i>	128
Pyralidae, Phycitinae	<i>Ephestia kuhniella</i>	105
Oecophoridae	<i>Endrosis sarcitrella</i>	26
Pyralidae, Gallerinae	<i>Paralipsa gularis</i>	85

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de este trabajo, se concluye que existe una amplia variedad de insectos plaga que pueden afectar al cultivo del nogal pecanero en la Costa de Hermosillo, Sonora, sobre todo al producto en la precosecha y postcosecha (almacenamiento). Se identificaron 7 especies de coleópteros y 4 especies de lepidópteros que efectivamente son insectos plaga características de granos almacenados, según el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Cada una de las especies detectadas, puede dañar en diferente forma al producto almacenado.

Bibliografía

- Barnes, R.D. 1996. "Zoología de invertebrados". Editorial McGraw-Hill, México.
- Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria 1998. Diagnóstico y observación de muestras entomológicas, Dirección general de Sanidad Vegetal. SAGARPH. Coyoacán, México. 4p.
- COMENUEZ.2008.La Nuez. <http://www.comenuez.org/xoo/modules/tinycontent/index.php?id=1>(Revisado 20 Noviembre 2008).
- Dobie, P., Haines, C. P., Hodges, R. J., Prevett, P. F. and Rees, D. P. 1991. Insects and Arachnids of Tropical Stored Products: Their Biology and Identification. Natural Resources Institute. United Kingdom.
- Fu, C.A.A. y U. Nava C. 2007. Manejo integrado de plagas en nogal. In: Seminario técnico Manejo integrado de pulgones en nogal pecanero. Memoria técnica No. 26. INIFAP-CECH. P. 36-46.
- Gorham, J. R. 1987. Insect and Mite Pest in Food: An illustrative Key. US Department of Agriculture. Agriculture Handbook Number 655. Washington, DC. USA.

- Nava C., U. 1994. Manejo Integrado de Plagas. En: Torres E., C. y Reyes J., I. (eds.). El Nogal Pecanero. CELALA, INIFAP. Mat., Coah. pp. 115-130.
- Ramírez M., M. 1994. Biología e identificación de insectos de granos almacenados. MEMORIAS. Taller de insectos en Granos Almacenados. Septiembre 5-9 de 1994. Programa Universitario de Alimentos. UNAM. 63 p.
- Rodríguez Del Bosque, L.A. y S.H. Tarango R. 1997. Manejo integrado de plagas del nogal. INIFAP. 307 pp.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. 2013. Cierre de la producción agrícola por estado. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

La presente publicación se terminó de imprimir el mes de Septiembre de 2013 en Desarrollo de Sistemas Digitales de Información Linuxsistemas & Print Todo Diseño. Leocadio Salcedo # 55. Hermosillo, Sonora.

Tiraje: 500 ejemplares

La serie de Memoria Científica son publicaciones integradas con información transferida en eventos científicos como simposios, congresos y reuniones, cuyo objetivo es presentar información sobre los cultivos, en los cuales el INIFAP-CIRNO a través del Campo Experimental Costa de Hermosillo realiza investigación así como de otras fuentes generadoras, con el fin de apoyar a los productores de esta región agrícola del estado de Sonora.

COMITÉ EDITORIAL

Presidente

Dr. Jesús Humberto Núñez Moreno

Secretario

Ing. Luis A. Maldonado Navarro

Vocales

Dr. Gerardo Martínez Díaz

M.C. José Grageda Grageda

M.C. Miguel Antonio Parra Galindo

En el proceso editorial de la presente memoria participaron las siguientes personas:

Diseño de portada e Interiores

L.D.G. Carolina Ramírez Oceguera

Campo Experimental Costa de Hermosillo (INIFAP)

Bulevar del Bosque No.7 y Paseo de la Pradera Col. Valle Verde Hermosillo, Sonora, México,
C.P. 83200, Tels. (662) 216-46-19 ó 261-00-72. Email:costadehermosillo@yahoo.com y
cecarbo@hmo.megared.net.mx

El desarrollo del evento así como la impresión de esta memoria científica se realizó con el apoyo de:



BADEN AGRIPRODUCTOS S.A. DE C.V.



PRIMERA EDICIÓN 2013

Tiraje: 500 ejemplares

No está permitida la reproducción parcial o total de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier otro medio, ya sea electrónico, mecánico, por registro u otros métodos, sin el permiso previo por escrito de la Institución.

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de Septiembre de 2013 en Desarrollo de Sistemas Digitales de Información Linuxsistemas & Print Todo Diseño. Leocadio Salcedo #55, Hermosillo, Sonora.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
Av. Progreso No. 5, Colonia Barrio de Santa Catarina,
Delegación Coyoacán. C.P. 04010
México D.F. Teléfono (55) 3871 8700