



Ministerio de Educación Superior
Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz"
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Centro de Estudios de Producción Animal
UEB INICA Camagüey



**Valoración de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) C99-374 y
C97-366 seleccionadas para alimentar rumiantes.**

Tesis presentada en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias.

Autor: Ing. Yoslen Fernández Gálvez. M. Sc.

Camagüey, 2022



Ministerio de Educación Superior
Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz"
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Centro de Estudios de Producción Animal
UEB INICA Camagüey



**Valoración de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) C99-374 y
C97-366 seleccionadas para alimentar rumiantes.**

Tesis presentada en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias.

Autor: Ing. Yoslen Fernández Gálvez. M. Sc.

Tutores: Ing. Redimio Manuel Pedraza Olivera. Dr. C.
Ing. Silvio José Martínez Sáez. Dr. C.

Camagüey, 2022

PENSAMIENTO

En tiempos de cambio, quienes estén abiertos al aprendizaje se adueñarán del futuro, mientras que aquellos que creen saberlo todo estarán bien equipados para un mundo que ya no existe.

Eric Hoffer.

AGRADECIMIENTOS

A la Revolución Cubana, por darme la oportunidad de seguir superándome profesionalmente.

A mis tutores los Dr. C. Redimio Manuel Pedraza Olivera y Dr. C. Silvio José Martínez Sáez, por su sabia y oportuna guía durante cada etapa de este trabajo y de mi formación profesional.

A la M. Sc. Isabel Cristina Torres Varela, compañera, hermana, amiga, por su apoyo incondicional y por darme el ánimo y las fuerzas necesarias para la culminación exitosa de este trabajo.

A los técnicos: Iraida Quiñones Peláez; Oscar Cervantes Pellán; Yoslen Fernández Caraballo; Eloy Valdés González; Dailianis Llerena Valle; Carmen Cervantes Cervantes; Jorge Hernández Reina y Niorquy Puig Ceregrido y especialistas: M. Sc. Alfredo L. Rivera Laffertte; Ing. Luis E. Águila Socorro, Ing. Raúl Romero Roig; Ing. Ivia Pouza Sierra; Lic. Douglas Montes Alvarez; M. Sc. Ailsa Llanes Díaz; e Ing. Iván Rossi Tamayo de la UEB INICA Camagüey, por su colaboración en la plantación, evaluaciones, recolección, secado de las muestras y evaluaciones con animales en cada una de las etapas del estudio.

A todos los Auxiliares de Investigación de la UEB INICA Camagüey por sus valiosos criterios, recomendaciones y porque sin su trabajo no hubiese sido posible alcanzar todos estos resultados.

A los miembros del Consejo de Dirección de la UEB INICA Camagüey, en especial al director Ing. Yusvel Hermida Baños, por su apoyo y por facilitar el tiempo y los medios para elaborar este trabajo.

Al Investigador Auxiliar de la UEB INICA Camagüey Dr. C. Eugenio García del Risco, por toda su ayuda y por brindarme la información necesaria, así como sus aclaraciones a las dudas que surgieron durante la elaboración de este documento.

Al Investigador Titular Dr. C. Joaquín Montalván Delgado de la UEB INICA Camagüey, por sus oportunas aclaraciones a las dudas que surgieron durante la elaboración de este documento.

A la Investigadora Titular Dra. C. Yaquelín Puchades Izaguirre de la UEB INICA Santiago de Cuba, por su ayuda en el análisis y procesamiento estadístico de regresión de sitios.

A los Laboratorios de Nutrición y Suelos de las UEB INICA Villa Clara y UEB Santiago de Cuba y a todo su personal, por los análisis de suelos y determinaciones de la composición química realizadas.

A los campesinos Yony Giraldo Suñet, Arturo Llerena Llerena y a todos sus familiares por hacer posible, en sus fincas, el montaje de los experimentos de evaluación del consumo y la producción de leche en vacas con la seriedad, el sacrificio y la profesionalidad que requería este estudio.

A todos los productores que desde un inicio acogieron en sus fincas el establecimiento de las nuevas variedades forrajeras y apoyaron los estudios para la introducción. Los cuales son partícipes de esta obra al aportar criterios, sugerencias y recomendaciones en aras de mejorar la productividad de sus agroecosistemas.

A los trabajadores de la UEB Lácteos Florida, en especial a la Técnico Mireya de Armas Febles, por su ayuda y cooperación en la realización de los análisis de calidad a las muestras de leche cruda en cada una de las etapas de la investigación.

A los trabajadores de la Estación de Pastos y Forrajes de Camagüey, quienes desde hace varios años han colaborado para la obtención de la mayoría de los resultados agronómicos de este trabajo.

A los estudiantes de Pregrado Adalberto Borges González, Jorge L. Acosta Gutiérrez, Aldo Prado Barrera, Leobeny La Rosa Bonne, Luis A. Cobo Leyva, Marielys Quiñones Rivera, Andy Martínez Domínguez, Félix M. Agüero Allen, Jorge L. López Solís y Lumays N. Garbizo Matamoros del CUM Florida por su participación en evaluaciones realizadas durante la investigación.

Al Consejo Científico de la UEB INICA por su apoyo y seguimiento para mi formación como hombre de ciencia.

A los dos Proyectos Nacionales pertenecientes al Programa de Producción de Alimentos que contribuyeron con sus financiamientos a la obtención de los resultados que aparecen en esta tesis.

A todos los profesores de la Universidad de Camagüey, especialmente los de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, que de forma directa o indirecta, contribuyeron con mi formación académica.

Al Programa de Formación Doctoral en Ciencias Veterinarias de la Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz” (UC) por toda su atención, formación y por saberme guiar en cada una de las etapas de este proceso.

A los miembros del Consejo Científico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UC.

A las M. Sc. Marlene León González y Cecilia E. González Pérez, del CEDEPA, por su apoyo en los análisis de producción de gas in vitro.

A diversos colegas que en distintos momentos de esta investigación hicieron sus oportunas críticas y sugerencias; especialmente al Dr. C. Roberto Vázquez Montesdeoca, de la UC, por sus sugerencias en estadística, al Dr. C. Justo González Olmedo, de la UNICA, por sugerir evaluación de indicadores fisiológicos, al Dr. C. Rafael S. Herrera García y al Dr. C. Pedro C. Martín Méndez, ambos del ICA, y al Dr. C. Harry Archimede, del INRA Guadalupe, por reafirmar el sentido de este trabajo. A la Dra. C. Aida Ramírez Fijón, del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, por su guía en el proyecto nacional que sustentó la tesis.

A todos mis compañeros de la UEB INICA Camagüey y a las personas que hicieron posible, directa o indirectamente, la realización de este trabajo; incluyendo a todos aquellos que han colaborado y que no fue posible mencionar en estas páginas.

“A TODOS, SINCERAMENTE, MUCHAS GRACIAS”.

DEDICATORIA

A mis hijos Yoslen y Yaslen, por ser mi fuente de inspiración.

A mis padres, por saberme guiar siempre por el buen camino.

A mi hermano Iván Fernández Gálvez por siempre estar orgulloso de mí.

A mi esposa Iraida Quiñones Peláez, a sus hijos Iosvany (Machy) y Luis Enrique, y a toda su familia por su ayuda y apoyo en la realización de este trabajo.

A la memoria de mi segundo padre Víctor Antonio Pérez Olazábal, por ser la persona que me formó y guió durante todos mis años de estudio.

A mis amigos, casi hermanos, Mario Roig Santana y Jesús Alexander Sánchez Gutiérrez, por siempre confiar en mí y por brindarme su apoyo en todos los momentos buenos y malos.

SÍNTESIS

Se hicieron siete experimentos de campo, tres estudios de laboratorio (bromatología y fisiología vegetal), encuestas y entrevistas a campesinos, para valorar las variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) C99-374 y C97-366 seleccionadas para alimentar rumiantes; y fueron comparadas con la variedad My5514, representativa de las cañas forrajeras tradicionales. Los principales resultados indicaron que las variedades C99-374 y C97-366 mostraron mejor comportamiento agronómico y caracteres forrajeros que la My5514, con rendimientos que promediaron en cuatro años 94,9 t biomasa verde ha^{-1} en secano y con bajos insumos. La composición química, la digestibilidad *in vitro* del forraje integral, aceptabilidad por ovinos y producción de leche de vacas en época de seca, probaron que las variedades C99-374 y C97-366 tuvieron un mejor valor nutritivo que la My5514. Los productores identificaron a la variedad C99-374 como la más promisoria en cuanto a su adaptación, aceptabilidad y consumo por los vacunos; y mostraron interés en plantarla en sus fincas. Se demostró que la variedad C99-374 fue la de mejor comportamiento agronómico y nutricional; así como la más consumida por las vacas y la de mayor incidencia en la producción de leche (3 l vaca $^{-1}$ día $^{-1}$ en época seca y amamantando ternero). Se concluye que las variedades de caña de azúcar C99-374 y C97-366, obtenidas para forraje, desde el inicio del esquema de selección, tienen características agronómicas y nutricionales que las hacen más apropiadas para la alimentación de rumiantes, en relación con la variedad My5514; aunque existen retos socioeconómicos para introducirlas en la producción pecuaria.

Palabras clave: composición química, producción de biomasa, producción de leche, valor nutritivo.

ABSTRACT

Seven field experiments, three laboratory studies (bromatology and plant physiology), surveys and interviews with farmers were carried out to assess the varieties of sugarcane (*Saccharum* spp.) C99-374 and C97-366 selected for ruminants feeding; and they were compared with the variety My5514, representative of traditional fodder sugar canes. The main results indicated that the varieties C99-374 and C97-366 showed better agronomic behavior and forage characteristics than My5514, with yields that averaged 94.9 t green biomass ha⁻¹ in four years in rainfed conditions and with low inputs. The chemical composition, the *in vitro* digestibility of the whole forage, acceptability by sheep and milk production of cows in the dry season, showed that varieties C99-374 and C97-366 had a better nutritional value than My5514. The producers identified the C99-374 variety as the most promising in terms of its adaptation, acceptability and consumption by cattle; and showed interest in planting it on their farms. It was shown that the variety C99-374 was the one with the best agronomic and nutritional performance; as well as the most consumed by cows and the one with the highest incidence on milk production (3 l cow⁻¹ day⁻¹ in the dry season and nursing calves). It is concluded that the sugarcane varieties C99-374 and C97-366, obtained for forage, from the beginning of the selection scheme, have agronomic and nutritional characteristics that make them more appropriate for feeding ruminants, in relation to the variety My5514; even when there are socioeconomics challenges to introduce it into livestock production.

Key words: chemical composition, biomass production, milk production, nutritional value.

GLOSSARIO DE ABREVIATURAS

Abreviaturas	Significado
AGV	Ácidos grasos volátiles
A.O.A.C	Association of Official Analytical Chemist (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales)
ANAVA	Análisis de Varianza
b	Producción de gas
Brix	Porcentaje de sólidos solubles en una disolución de 100 g de jugo de caña
c	Velocidad de producción de gas
CCS	Cooperativa de Créditos y Servicios
CEDEPA	Centro de Estudios de Producción Animal
CP	Componente principal
CPA	Cooperativa de Producción Agropecuaria
ETICA	Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar
EE	Error estándar
EEPFI	Estación Experimental de Pastos y Forrajes
FDA	Fibra en detergente ácido
FDN	Fibra en detergente neutro
IAC	Instituto Agronómico de Campinas, Brasil
ICA	Instituto de Ciencia Animal, Cuba
IMPA	Instituto para el Mejoramiento de la Producción Agrícola, México
INICA	Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de azúcar, Cuba
INSMET	Instituto de Meteorología, Cuba
LABCA	Laboratorio de Control Agroambiental, perteneciente al CEDEPA
<i>lag</i>	Fase de latencia o colonización
LN	Latitud Norte
LO	Longitud Oeste
m.m.a	Medio mineral amortiguado
MO	Materia orgánica
MS	Materia seca
m.s.n.m	Metros sobre el nivel medio del mar
NNP	Nitrógeno no proteico
PB	Proteína bruta
PBV	Producción de biomasa verde
PBS	Producción de biomasa seca
PC	Policruce
Pol	Porcentaje de sacarosa en una disolución de jugo de caña
PV	Peso vivo

Abreviaturas	Significado
rpm	Revoluciones por minuto
SERFE	Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas, INICA, Cuba
SREG	Regresión de sitios
UBPC	Unidad Básica de Producción Agropecuaria
UGM	Unidad de Ganado Mayor
VMCA	Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Pág.
Tabla 1.1 Variedades recomendadas para la ganadería vacuna en Cuba.....	15
Tabla 2.1 Ubicación geográfica de los experimentos de campo en la provincia.....	26
Tabla 4.1 Comportamiento de la MS (%) según fracción de la planta y edad.....	54
Tabla 4.2 Comportamiento de las cenizas (% MS) según fracción de la planta y edad.....	56
Tabla 4.3 Comportamiento de la PB (% MS) según fracción de la planta y edad.....	58
Tabla 4.4. Comportamiento del P (% MS) según fracción de la planta y edad.....	61
Tabla 4.5. Comportamiento del K (% MS) según fracción de la planta y edad.....	62
Tabla 4.6. Rendimiento de nutrientes por fracción de la planta a los 11 meses de edad.....	63
Tabla 5.1. Caracterización del área de las fincas.....	81
Tabla 5.2. Recursos disponibles en las fincas para la alimentación animal.....	82
Tabla 5.3. Uso de la caña de azúcar según tipo de propiedad, superficie y variedades.....	83
Tabla 5.4. Variedades de caña utilizadas en las 59 fincas para alimento bovino.....	84
Tabla 5.5. Principales causas por la que no se utiliza la caña como alimento bovino en las fincas.....	87
Tabla 5.6. Comportamiento de indicadores productivos con y sin el uso de la caña de azúcar.....	88
Tabla 5.7. Efecto de la variedad en el consumo de forraje molido de caña.....	93
Tabla 5.8. Efecto de la variedad de caña de azúcar en la producción y calidad de la leche.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 2.1. Secuencia experimental.....	25
Figura 3.1. Comportamiento productivo y estabilidad fenotípica de las variedades según producción de biomasa verde ($t\ ha^{-1}$).....	34
Figura 3.2. Comportamiento productivo y estabilidad fenotípica de las variedades según producción de biomasa seca ($t\ ha^{-1}$).....	35
Figura 3.3. Producción de biomasa verde de las variedades por ciclos de cosecha.....	37
Figura 3.4. Producción de biomasa seca de las variedades por ciclos de cosecha.....	41
Figura 3.5. Composición morfológica de las variedades por ciclos de cosecha.....	43
Figura 3.6. Contenido de clorofila total en hojas por variedad según edad de rebrote.....	46
Figura 4.1. Influencia de la variedad en la producción de gas <i>in vitro</i> del forraje integral a diferentes edades: a) seis meses b) ocho meses c) 11 meses.....	66
Figura 4.2. Comportamiento de los parámetros de producción de gas <i>in vitro</i> de las variedades a diferentes edades: a) seis meses, b) ocho meses c) 11 meses.....	68
Figura 4.3. Influencia de la edad en la producción de gas <i>in vitro</i> por variedad: a) My5514 b) C97-366 c) C99-374.....	70
Figura 4.4. Influencia de la variedad en la aceptabilidad por ovinos durante la prueba de cafetería.....	72
Figura 5.1. Principales aspectos relacionados con las áreas plantadas de caña de azúcar.....	85
Figura 5.2. Forma en que se suministra la caña de azúcar en las fincas.....	86

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pág.
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
Problema.....	3
Hipótesis.....	3
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Novedad científica.....	4
Aplicación práctica.....	5
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
1.1 Caña de azúcar para la alimentación de rumiantes.....	6
1.1.1 Rendimiento.....	9
1.1.2 Resultados en la producción de leche bovina.....	10
1.2 Selección de variedades de caña de azúcar para la alimentación animal.....	11
1.2.1 Variedades de caña recomendadas para la alimentación animal en Cuba.....	14
1.2.2 Criterios de selección.....	16
1.2.3 Características de las variedades en estudio.....	18
1.3 Valor nutritivo de la caña de azúcar.....	20
1.3.1 Composición química de la caña de azúcar.....	22
1.3.2 Digestibilidad de la caña de azúcar.....	23
1.3.2.1 Producción de gas <i>in vitro</i>	23

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	25
2.1 Introducción.....	25
2.2 Ubicación de las áreas experimentales.....	26
2.3 Características del clima.....	26
2.4 Plantación y atenciones culturales.....	27
2.5 Tratamiento y diseño experimental.....	27
2.6 Procesamiento estadístico y programas usados.....	28
CAPÍTULO III. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR.....	29
3.1 Introducción.....	29
3.2 Materiales y métodos.....	30
3.2.1 Productividad y estabilidad fenotípica de las variedades de caña de azúcar en diferentes zonas ganaderas de la provincia Camagüey.....	30
3.2.1.1 Variables a evaluar.....	30
3.2.1.3 Procesamiento estadístico.....	30
3.2.2 Comportamiento de indicadores del carácter forrajero en las variedades de caña de azúcar.....	31
3.2.2.1 Procesamiento estadístico.....	32
3.3 Resultados y discusión.....	33
3.3.1 Productividad y estabilidad fenotípica de las variedades de caña de azúcar en diferentes zonas ganaderas de la provincia Camagüey.....	33
3.3.2 Comportamiento de indicadores del carácter forrajero en las variedades de caña de azúcar.....	36
3.3.2.1 Capacidad de rebrote.....	36
3.3.2.2 Composición morfológica.....	43
3.3.2.3 Concentración de clorofila total (a+b) en hojas.....	46
3.4 Conclusiones parciales.....	48

CAPÍTULO IV. INDICADORES DEL VALOR NUTRITIVO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR.....	49
4.1 Introducción.....	49
4.2 Materiales y métodos.....	49
4.2.1 Colección de muestras de forraje.....	49
4.2.2 Manejo y procesamiento de las muestras.....	50
4.2.3 Determinación de la composición química.....	50
4.2.4 Determinación del rendimiento de nutrientes.....	51
4.2.5 Determinación de la digestibilidad <i>in vitro</i>	51
4.2.6 Procesamiento estadístico.....	52
4.2.7 Aceptabilidad animal.....	52
4.2.7.1 Procesamiento estadístico.....	53
4.3 Resultados y discusión.....	54
4.3.1 Influencia de la edad y fracción de la planta en indicadores de su composición química.....	54
4.3.2 Influencia de la variedad en la digestibilidad <i>in vitro</i> del forraje integral.....	64
4.3.3 Parámetros de producción de gas <i>in vitro</i>	67
4.3.4 Influencia de la edad en la digestibilidad <i>in vitro</i> del forraje integral.....	69
4.3.5 Aceptabilidad por ovinos de las variedades de caña de azúcar a los 11 meses de edad.....	71
4.4 Conclusiones parciales.....	73
CAPÍTULO V. RESPUESTA PRODUCTIVA Y PERCEPCIÓN DE LOS PRODUCTORES CON EL USO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR.....	74
5.1 Introducción.....	74
5.2 Materiales y métodos.....	75

5.2.1	Diagnóstico de la situación actual del uso de la caña de azúcar en la alimentación de bovinos en la provincia de Camagüey.....	75
5.2.1.1	Localización.....	75
5.2.1.2	Procedimiento metodológico.....	75
5.2.1.3	Procesamiento estadístico.....	76
5.2.2	Percepción de los productores con el uso de las variedades con fines forrajeros.	76
5.2.3	Producción de leche y consumo de vacas alimentadas con las variedades de caña de azúcar como complemento de su dieta basada en pastos, durante la época de seca.....	77
5.2.3.1	Ubicación y duración del experimento.....	77
5.2.3.2	Caracterización general del sistema de alimentación y manejo utilizado.....	77
5.2.3.3	Tratamientos y manejo experimental.....	78
5.2.3.4	Mediciones realizadas.....	79
	5.2.3.5 Procesamiento estadístico.....	80
5.3	Resultados y discusión.....	81
5.3.1	Diagnóstico de la situación actual del uso de la caña de azúcar en la alimentación de bovinos en la provincia de Camagüey.....	81
5.3.2	Percepción de productores con el uso de las variedades forrajeras C99-374 y C97-366.....	89
5.3.3	Producción de leche y consumo de vacas alimentadas con las variedades de caña de azúcar C99-374, C97-366 y My5514 como suplemento de su dieta basada en pastos, durante la época de seca.....	93
5.4	Conclusiones parciales.....	98
	CONCLUSIONES GENERALES.....	99
	RECOMENDACIONES.....	100
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
	ANEXOS.....	133

Introducción General

INTRODUCCIÓN GENERAL

El combate a la pobreza de manera efectiva lleva a aplicar los conocimientos científicos, para fomentar la innovación y desarrollo de tecnologías asequibles, imitables y accesibles, adecuadas a las necesidades y recursos locales. Estas tecnologías, permiten fortalecer las comunidades y países, frente a la escasez energética, el cambio climático y la creciente inseguridad alimentaria. En este sentido, los países deben reforzar la capacidad de identificar, absorber y utilizar las tecnologías existentes, así como consolidar sus propias capacidades de generación de conocimientos (Ruiz, 2012).

En Cuba la diversificación productiva en el campo agropecuario puede contribuir significativamente a la sustitución parcial o total de importaciones, principalmente de materias primas, por lo que se convierte hoy día en una imperiosa necesidad por resolver y una meta por alcanzar. En este contexto, la concepción de la diversificación como estrategia de desarrollo en el campo pecuario y muy particularmente bovino, plantea entre otras cosas, la utilización de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) como alimento y suplemento energético, principalmente en el período poco lluvioso (noviembre a abril), en el cual se presenta una baja disponibilidad de pastos en cantidad y calidad en las principales áreas ganaderas del país (Rodríguez, 2009).

La caña de azúcar puede ser aprovechada estratégicamente en este período ya que es uno de los cultivos tropicales que produce más biomasa por unidad de superficie y con mayor eficiencia en cuanto a la captura de energía solar con respecto a cualquier otra planta con hasta 1,7 gramos de biomasa por cada Mega Joule de radiación solar recibido (Aragón *et al.*, 2009). Además, tiene la ventaja de ser perenne, adaptable a diferentes tipos de suelo, resistente a las plagas, no provocar erosión y necesitar pocos insumos de origen fósil (Bezerra *et al.*, 2017; Reis *et al.*, 2019). Este cultivo es una fuente alternativa como suplemento forrajero debido a su bajo costo para producir una

tonelada de materia seca y por mantener su valor nutritivo en los períodos de escasez de pastos (Martín, 2005; Vidal, 2018).

Aunque en los últimos años en Cuba son pocas las investigaciones relacionadas con el uso de la caña de azúcar como alimento animal, los estudios realizados demuestran que convenientemente suplementada puede sostener buenas ganancias de peso y producciones de leche (Ruiz, 2012; Timana *et al.*, 2017; Molavian *et al.*, 2020; Reyes *et al.*, 2020; Araújo *et al.*, 2021).

Por la gran diversidad de variedades disponibles en la industria, es muy importante la selección de genotipos con el propósito de producir forraje (Silva *et al.*, 2018). Los principales trabajos realizados en el país en la temática relacionada con el uso diversificado de variedades comerciales de caña de azúcar como alimento animal destacaron al genotipo My5514 por mostrar alto potencial para producir biomasa, tolerancia a condiciones de estrés hídrico y sobre humedecimiento, y buen valor nutricional (Franco, 1981; Molina *et al.*, 1995; Milanés *et al.*, 1997; Stuart, 2002). También Suárez *et al.* (2006), lo utilizaron como testigo al evaluar 15 caracteres en 26 variedades de caña de azúcar, con 12-14 meses de edad en los suelos Pardos con carbonatos, y como resultado recomendaron 10 para su explotación en las áreas ganaderas; González (2019) afirma que es la variedad, recomendada como forrajera, que más tiempo de explotación ha tenido.

La recomendación de variedades de caña para forraje parte de manera tradicional de la evaluación de características fenológicas y de valor nutritivo, fundamentalmente *in vitro* e *in situ*, de variedades seleccionadas para la producción de azúcar. Sin embargo, el esquema de selección de caña para la industria azucarera desecha, lógicamente, los genotipos que no muestran un prominente desarrollo de tallos en relación con la cantidad de hojas. La Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) en Florida, y la Universidad de Camagüey, ambas en la provincia de Camagüey, Cuba, desarrollaron un trabajo conjunto para obtener nuevas variedades de caña para forraje

(Pedraza *et al.*, 2016). El estudio partió del esquema de selección establecido para la obtención de variedades comerciales de caña destinados a la producción de azúcar (Jorge *et al.*, 2011), con la diferencia fundamental de que después de la hibridación se conservaron aquellos individuos que se destacaban por su potencial para producir forraje en forma de hojas, en vez de azúcar. Como parte de los experimentos, se evaluaron 106 genotipos, de los cuales dos mostraron las mejores características fenológicas, menor contenido de sólidos totales, relación hoja: tallo y resistencia a plagas, enfermedades y estrés hídrico (Pedraza *et al.*, 2016).

Sobre la base de los resultados obtenidos se decidió continuar estudios con las variedades forrajeras de caña de azúcar C99-374 y C97-366 que mostraron características superiores al resto de los individuos, por lo que se hace necesario evaluar su comportamiento agronómico y nutricional, así como la respuesta productiva en vacas lecheras y compararlas con una variedad usada tradicionalmente como forraje, para obtener criterios que permitan recomendar su empleo en la alimentación de rumiantes.

PROBLEMA

No existe una valoración de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) C99-374 y C97-366, escogidas para forraje desde el inicio del esquema de selección, que incluya el empleo de indicadores agronómicos, fisiológicos, nutricionales, de producción de leche vacuna y de percepción de productores que permita diferenciarlas de la variedad My5514, representativa de las cañas forrajeras tradicionales, y recomendar su empleo en la alimentación de rumiantes.

HIPÓTESIS

Las variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) C99-374 y C97-366, escogidas para forraje desde el inicio del esquema de selección, tienen mejores características forrajeras para alimentar rumiantes, teniendo en consideración indicadores agronómicos, fisiológicos, nutricionales y de

producción de leche vacuna, así como de aceptación por los productores, que las hacen superiores a la variedad My5514, representativa de las cañas forrajeras tradicionales.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar las variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) C99-374 y C97-366, escogidas para forraje desde el inicio del esquema de selección, con el empleo de indicadores agronómicos, fisiológicos, nutricionales, de producción de leche vacuna y de percepción de productores para diferenciarlas de las cañas forrajeras tradicionales, representadas por la variedad My5514, y recomendar su empleo en la alimentación de rumiantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el comportamiento agronómico, nutricional y la respuesta productiva en vacas lecheras de las variedades de caña de azúcar C99-374 y C97-366.
- Diferenciar el desempeño forrajero de las variedades C99-374 y C97-366 de las usadas con este fin, representadas por la variedad My5514.
- Determinar las condiciones del empleo en fincas de la caña de azúcar y la percepción de los productores de las variedades C99-374 y C97-366, para su extensión en la alimentación de rumiantes.

NOVEDAD CIENTÍFICA

Por primera vez:

- Se evalúan dos variedades de caña de azúcar escogidas para forraje desde el inicio del esquema de selección; con el empleo de indicadores agronómicos, fisiológicos, nutricionales, de producción de leche vacuna y de percepción de productores.

- Se demuestra que dos variedades de caña de azúcar, escogidas para forraje desde el inicio del esquema de selección, son más apropiadas para la alimentación de rumiantes que una variedad representativa de las cañas forrajeras utilizadas en Cuba.
- Se realiza una innovación al esquema de selección de la caña de azúcar en Cuba para la obtención y recomendación de variedades de caña de azúcar para la alimentación de rumiantes.
- Se utiliza en Cuba la técnica de producción de gas *in vitro* para determinar la digestibilidad del forraje integral de caña de azúcar.

APLICACIÓN PRÁCTICA

- Se caracterizó el comportamiento agronómico y nutricional de dos nuevas variedades de caña de azúcar, escogidas para forraje desde el inicio del esquema de selección, en diferentes zonas ganaderas de la provincia Camagüey, Cuba.
- Se determinaron indicadores del valor nutritivo *in vitro* y se caracterizó el uso de las nuevas variedades en la producción animal, su respuesta productiva y percepción de los productores.
- Se elaboró un manual con las indicaciones para el manejo y explotación eficiente de las variedades de caña de azúcar recomendadas para forraje.
- Se implementó una estrategia para la producción de semilla categorizada y se hizo disponible para los ganaderos de la provincia y el país.
- Con la investigación se incrementa el listado existente en el país de variedades de caña con potencial para la alimentación de rumiantes, incluso con posibilidades superiores a las recomendadas hasta la fecha, al considerar su valoración zootécnica.
- Las variedades fueron evaluadas en condiciones edafoclimáticas específicas de la cuenca lechera de la provincia Camagüey, de referencia en la producción ganadera cubana, aspecto que las hace idóneas para la región mencionada u otras con características semejantes.

Capítulo I.

Revisión Bibliográfica

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Caña de azúcar para la alimentación de rumiantes

El forraje de caña de azúcar puede ser utilizado con éxito en la alimentación de ganado en crecimiento-ceba y en vacas lecheras. Estos ventajosos comportamientos están sustentados por las características que hacen esta planta sumamente atractiva por sus rendimientos (Martín, 2021). Es el cultivo que más biomasa produce por hectárea (FAOSTAT, 2019), con una plasticidad geográfica que hace que se extienda en 104 países de diferentes continentes (FAOSTAT, 2019), con variedades que pueden contener hasta el 6 % de PB (Martín, 2015), comparable a muchos pastos tropicales, resistentes a plagas y enfermedades (Stuart, 2002), entrega su producción de biomasa en la época seca del año, cuando todos los pastos y forrajes la disminuyen, resistente a la sequía, y que presta importantes servicios ambientales, a través, de la incorporación de la materia orgánica de sus residuos al suelo (Partelli *et al.*, 2018), el efecto de “*mulch*” para retener humedad y por su secuestro de carbono (Cabrera y Zuaznábar, 2010). Adicionalmente, es compatible con prácticas y técnicas que pueden duplicar los ingresos obtenidos por cada hectárea de caña plantada en pocos años (Singh *et al.*, 2019).

Todas estas razones confirman que la caña de azúcar constituye en los momentos actuales una opción viable y sostenible para la alimentación bovina, sin embargo, varios autores (Bastidas *et al.*, 2012; Domingues *et al.*, 2012; Ruiz, 2012; Ramírez *et al.*, 2014a; Bezerra *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2017; Sales *et al.*, 2017; Campos *et al.*, 2018; Vidal, 2018; Alves *et al.*, 2019) señalan la importancia de conocer las limitaciones que tiene el empleo de esta fuente de forraje en la alimentación de rumiantes. Los cuales se describen a continuación:

- Carbohidratos solubles y estructurales en estrecha relación, lo que reduce: la digestión de la celulosa en el rumen.

- Insuficiente contenido de nitrógeno y minerales para la nutrición de los microorganismos del rumen, pobre contenido de grasa y ausencia de almidón para nutrir al animal.
- Bajo consumo por la elevada proporción de pared celular, mayor trabajo de rumia, lenta reducción de las partículas digestivas y elevado tiempo de permanencia del alimento en el rumen.
- Necesidad de molerla, complementarla con otro forraje verde y suplementarla con urea, minerales, proteína y almidón para un óptimo aprovechamiento digestivo.
- El tiempo de acceso al alimento, el frente de comedero y la duración de la época de suministro, influyen en la cantidad de forraje consumido.
- En general, se observan bajos consumos de materia seca y producciones cuando el forraje de caña de azúcar no es finamente troceado y se suplementa con un forraje verde (30-50 % de la ración), urea (3-5 %), minerales (principalmente 0,15 % S) y se incluye una fuente de proteína y almidón que pueda ser digerida en el intestino delgado (nutrientes no degradables en el rumen).

Es recomendable para el uso de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes que se consideren los siguientes criterios publicados por Siqueira *et al.* (2012); Silva *et al.* (2015); Aranda *et al.*, (2016); Roca (2016), Salazar *et al.* (2017); Sales *et al.* (2017); Timana *et al.* (2017), entre otros:

- La caña de azúcar como alimento único deprime todos los indicadores productivos (producción de leche, peso vivo y reproducción).
- El tamaño de partícula de la caña molida no debe ser mayor de 2 cm, tamaños menores no tienen ningún efecto.
- La adición de urea a razón de 10 g kg^{-1} de caña fresca incrementa el consumo de la caña, la producción de leche y el peso vivo de las vacas.
- La adición de azufre a razón de $0,15 \text{ g kg}^{-1}$ de caña en uso combinado con urea, incrementa la producción de leche y el peso vivo.

- La inclusión de proteína natural es imprescindible para una eficiencia productiva adecuada con un mínimo de 30 % de la proteína total para vacas lecheras.
- La variedad de caña a utilizar es un aspecto importante para mejorar la eficiencia de este recurso como alimento animal.
- Los forrajes de leguminosas y otros proteicos, entre 3 y 5 % del peso del animal, aceleran la digestibilidad y tránsito de la caña fuera del rumen y mejoran el consumo y la producción.
- La inclusión de forrajes de leguminosas de corte o pastoreo son una fuente económica y efectiva para mejorar, la eficiencia productiva de las raciones de caña.
- Se dispone de tecnologías sencillas que permiten conservar y mejorar la calidad del forraje de caña.
- Entre los suplementos de origen vegetal, la pulidura de arroz suministrada a razón de 1-2 kg vaca⁻¹ día⁻¹, está entre las fuentes más eficientes.
- El tratamiento con hidróxido de sodio a razón de 20 g kg⁻¹ de MS (6-8 g kg⁻¹ caña fresca) y conservado 24 horas incrementa el consumo de caña en más de 20 %.
- Una hectárea de caña con rendimiento agrícola entre 40-70 t ha⁻¹ de caña fresca puede alimentar entre 16-20 vacas durante el período poco lluvioso y equiparar la producción del período lluvioso, si se suministran cantidades adecuadas de proteína natural, minerales y urea.
- El uso del forraje de caña de azúcar de manera habitual consiste en utilizarla para cubrir déficit de alimentos que se producen en la época poco lluviosa del año, en la cual los pastizales disminuyen su producción. Si bien cuando falta pasto en el potrero, la caña puede proporcionar una solución al déficit de materia seca del animal, resulta muy importante considerar el balance de nitrógeno en la ración total. De lo contrario, la respuesta puede ser muy pobre o nula.

1.1.1 Rendimiento

La caña de azúcar es un cultivo versátil y uno de los más eficientes convertidores de energía solar en materia seca (Mishra, 2019). Entre los factores que definen su rendimiento agrícola se encuentran la variedad, edad, tipo de cepa, condiciones edafoclimáticas y manejo de la plantación. Los principales caracteres del rendimiento son la longitud y grosor del tallo; así como el número de tallos por plantones y población con que cuenta el campo según el marco de plantación (Baracat *et al.*, 2017).

Es importante insistir en que la caña de azúcar es una especie muy eficiente en conversión energética, ya que su metabolismo fotosintético es de tipo C4, caracterizado por la eficiencia en la fijación de CO₂. Es una planta que fija entre 100 mg de CO₂ dm⁻² de área foliar por hora. Produce una elevada cantidad de materia seca en un período de 365 días, obteniéndose una tasa de crecimiento medio de 18 g m⁻² día⁻¹, equivalente a la producción de 65,70 t de tallos ha⁻¹. Por lo que, en condiciones de alta luminosidad y disponibilidad de agua, esta especie puede presentar elevada producción de biomasa (Oliveira *et al.*, 2015).

La caña de azúcar bien atendida puede alcanzar rendimientos superiores a las 150 t ha⁻¹ año⁻¹ de producción de biomasa en las regiones tropicales y subtropicales. Ruiz (2012), informó que una hectárea de caña sin regadío, ni fertilizada, en un suelo con adecuadas características físicas y fertilidad media, puede producir como rendimiento potencial mínimo entre 40 y 43 t ha⁻¹ año⁻¹ de biomasa aprovechable por el ganado vacuno.

Walter *et al.* (2015), publicaron que la caña de azúcar destinada a la alimentación animal no es tan bien atendida como la de fines industriales, por tanto, la productividad es de manera general inferior a las 100 t ha⁻¹ año⁻¹ de biomasa verde.

La producción de materia seca en caña de azúcar depende de las características genéticas de la variedad, período de crecimiento, estación del año que prevalezca, de la entrada y aplicación oportuna de insumos y productos del cultivo y del método de plantación utilizado (Reyes, 2012).

1.1.2 Resultados en la producción de leche bovina

El consumo de materia seca es muy importante en la nutrición animal, al influir de manera directa en los niveles de nutrientes ingeridos y, consecuentemente, en el desempeño (Broderick y Reynal, 2009). De este modo, la utilización de la caña de azúcar como alimento exclusivo en animales de alta exigencia nutricional, por ejemplo, vacas lecheras en lactación, ocasionan una reducción del consumo y de la producción de leche (Magalhães *et al.*, 2004). Sin embargo, cuando este forraje es suministrado de una manera eficiente, con el suplemento de proteínas y minerales se puede observar incremento en la producción (Lima *et al.*, 2004). La utilización de este voluminoso para animales de media a alta producción se debe realizar de forma en que no ocurra baja ingestión de materia seca. De esta forma, se observa que una relación voluminoso: concentrado de 40:60 garantiza un mejor desempeño productivo (Costa *et al.*, 2005; Faleiro, 2010).

Martín (2004) publicó que, aunque con menos variantes de alimentación que en el caso de animales en crecimiento-ceba, la caña de azúcar como forraje para vacas lecheras también ha sido estudiada por diferentes autores, fundamentalmente en Cuba y México. La producción de leche obtenida en estas investigaciones varió entre 3,3 y 13,2 kg vaca⁻¹ día⁻¹ y el consumo de materia seca de caña lo hizo entre 3,8 y 11,6 kg vaca⁻¹ día⁻¹. Asimismo, hubo tratamientos donde las vacas perdieron peso, mientras que en la generalidad tuvieron ganancias de peso durante los experimentos.

Este comportamiento tan variable estuvo influenciado por diferentes factores como la raza que en su mayoría fueron vacas mestizas Holstein o Brown Swiss con Cebú, la evaluación de diferentes niveles y fuentes de proteína, niveles de urea y proporciones de alimentos ricos en energía y

proteína. También el tiempo de acceso al pasto; así como a los días y el número de lactancias que tenían las vacas, aspectos que no fueron informados en los estudios informados por Martín (2004).

Ruiz (1979), publicó la importancia del suministro de azufre y fósforo en las dietas de vacas lecheras alimentadas con caña fresca suplementadas con urea por el efecto que tienen en la producción de leche y aumento de peso vivo.

En Cuba, García *et al.* (2016), realizaron un estudio con el objetivo de evaluar raciones para vacas lecheras basadas en pastos y forraje de caña de azúcar en el período poco lluvioso y utilizaron tres raciones: A) caña de azúcar (15 kg día^{-1}) + 10 kg de forraje fresco de kenaf día^{-1}), B) caña de azúcar (15 kg día^{-1}) + 10 kg de forraje fresco de yuca día^{-1} , y C) caña de azúcar (15 kg día^{-1}) + urea (150 g animal $^{-1}$ día^{-1}). Para ello emplearon 30 vacas lecheras de la raza Siboney de Cuba, con potencial productivo de 12 l y obtuvieron una producción de leche fresca promedio por día que osciló entre 6,9 y 7,8 l, por lo que recomendaron que ambos forrajes (yuca y kenaf) pudieran ser una buena opción para disminuir importaciones de químicos destinados a la ganadería y favorecer el mayor uso de fuentes naturales de proteína, con un mayor beneficio en las explotaciones lecheras.

Como se puede notar, estas investigaciones en la temática se realizaron sin considerar las variedades de caña de azúcar utilizadas, factor que pudiera ejercer un efecto positivo o negativo en los resultados productivos alcanzados, afirmación que coincide con lo publicado por Martín (2004), al sugerir que la calidad de la caña que se oferte y la rectificación de las insuficiencias que ésta tiene, tendrán mucho que ver con la producción de leche que se obtenga.

1.2 Selección de variedades de caña de azúcar para la alimentación animal

En la actualidad no existe un consenso de criterios entre los investigadores a nivel mundial para la selección de variedades de caña de azúcar para la alimentación animal. En varios países del mundo se realizan trabajos relacionados con esta línea de mejora, aunque en la mayoría se evalúan y

recomiendan variedades para este fin que fueron seleccionadas a partir de criterios para la producción de azúcar. Lo que si constituye un hecho es que varios autores han publicado la necesidad de seleccionar variedades de caña de azúcar a partir de criterios netamente forrajeros (Milanés *et al.*, 1997; Molina y Valdez, 1998; Sakaigaichi y Terajima 2008; Bastidas *et al.*, 2010; Jorge *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2014; Bezerra *et al.*, 2017).

Al respecto, Molina (1990), informó que la capacidad forrajera de la caña está determinada por la composición morfológica, donde se destacan las variedades con un mayor contenido de hojas, aun cuando su capacidad de producción de azúcar no sea la mejor, pero sin dudas influirá también en la cantidad de biomasa producida por unidad de superficie, pues a mayor producción total, mayor será el forraje disponible por los animales.

También en Cuba, Stuart (2002), estudió la influencia de la proporción de cogollo (puntas) y tallo en la composición y digestibilidad *in situ* a las 48 h, de variedades comerciales de caña de azúcar. Los resultados fueron muy interesantes, pues se comprobó que aquellas con más cogollo no necesariamente son menos digestibles, aun teniendo menor proporción de tallos (vale decir azúcar).

Como el cogollo (puntas) de la caña de azúcar es un elemento deseable en la ración de los animales por su aporte de nitrógeno, vitaminas y fibra larga, se sugiere entonces preferir estas variedades para la alimentación del ganado.

Por su parte, Pate *et al.* (2002), publicaron que las variedades de caña de azúcar, para ser seleccionados y utilizados como alimento animal, deben tener alta productividad de biomasa verde, alto contenido energético y de fibra, y que sean de fácil cosecha.

Salazar *et al.* (2017), publicaron que es escasa la información respecto a las variedades utilizadas con fines forrajeros y de los rendimientos obtenidos en México. También señalaron que algunas de

las características que deben reunir estos genotipos son alta relación hoja: tallo, elevado rendimiento de materia seca, fibra por hectárea, y disponibilidad durante el período poco lluvioso.

Para dar continuidad a la generación de nuevas variedades forrajeras, Sentíes *et al.* (2016), publicaron que es necesario implementar un ambicioso programa de selección para forraje, en paralelo a la selección para la producción de azúcar que en la actualidad se lleva a cabo, donde se consideren los indicadores descritos por Pate *et al.* (2002) y Urdaneta (2010), así como la metodología del IMPA (1983); aspectos que reafirman a la caña de azúcar como un cultivo con amplias posibilidades de diversificación productiva (Gómez *et al.*, 2015) y la producción de forrajes y otros productos para la alimentación animal son una de ellas.

Lagos y Castro (2019), señalaron que para poder utilizar la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes se debe tener un amplio conocimiento de ciertos aspectos deseables como tipo de variedad, edad de corte y algunos indicadores de crecimiento, biométricos y de composición química que pueden ser utilizados como referencia para la selección y evaluación de genotipos con características forrajeras.

Al respecto, muchos países del trópico como Cuba, Venezuela, México, Colombia y otros como la India y Argentina, han realizado estudios para evaluar variedades con potencial forrajero, basados en la medición de variables agronómicas, morfológicas, nutricionales, digestibilidad y de manejo, que pueden dar luces sobre las bondades de esta especie (Timana *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2021; Reyes *et al.*, 2021).

Como resultado de las investigaciones encaminadas a la obtención de variedades a partir de criterios forrajeros en el año 2002 el Instituto Agronómico de Campinas (IAC) recomendó la variedad IAC86-2480 de caña de azúcar mejorada específicamente para la producción de forraje (Jacovetti, 2010). También en Japón Sakaigaichi *et al.* (2010 y 2015), obtuvieron la variedad forrajera de caña

de azúcar KFRo93-1 a partir de la hibridación interespecífica entre la caña noble “*Saccharum officinarum*” y su pariente silvestre, *Saccharum spontaneum*. En México, el Campus Córdoba introdujo a sus terrenos experimentales dos variedades con potencial forrajero (COLPOSCTMEX05-003 y COLPOSCTMEX05-264) en la fase de adaptabilidad con el fin de complementar estudios sobre la utilización de cañas forrajeras en la alimentación de ganado (Salazar *et al.*, 2017). En las Islas Hawái, Lee *et al.* (2017), seleccionaron 74 variedades procedentes de unas 30 000 posturas obtenidas de varios cruces de caña de azúcar y le determinaron el contenido de nutrientes y su rendimiento de biomasa. Con estos resultados seleccionaron las 10 mejores para ser evaluadas en otras localidades y también caracterizar el comportamiento productivo de rumiantes con el uso de estas variedades en la alimentación.

En Cuba por las características que en la actualidad tiene el esquema de selección para este cultivo, algunos genotipos, a pesar de no reunir ciertos requisitos para ser recomendados en la producción de azúcar, sí pudieran ser preseleccionados para su evaluación y posible utilización como forraje en las principales zonas ganaderas del país. Esto motivó al Departamento de Fitomejoramiento en áreas de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) de Camagüey y al Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal (CEDEPA) a realizar un trabajo de selección en aras de buscar posibles variedades con potencialidades para la alimentación animal (Pedraza *et al.*, 2016).

1.2.1 Variedades de caña recomendadas para la alimentación animal en Cuba

En la actualidad existen un total de 20 variedades recomendadas para la alimentación del ganado vacuno en Cuba (GOC-2017-406-O18) como resultado de las investigaciones realizadas para caracterizar el valor forrajero de variedades industriales de caña de azúcar (ICA, 2006; Suárez *et al.*, 2006). Estos autores consideraron como principales criterios la producción de biomasa, composición

química y digestibilidad de la materia seca. A continuación, se observa su relación y situación actual en la provincia de Camagüey.

Tabla 1.1 Variedades recomendadas para la ganadería vacuna en Cuba.

Variedades	Año de recomendación	Área en Camagüey (%)	Situación
B80250	1997	7,44	Crecimiento
C87-51	1965	5,85	Estabilizada
C132-81	1997	0,94	Limitada
C137-81	1997	2,11	Limitada
C128-83	1994	-	Descartada
C85-403	1996	-	Descartada
C86-12	1997	17,40	Estabilizada
C86-165	1999	-	Limitada
C86-503	1997	0,29	Declinación
C86-536	1997	-	Descartada
C87-252	2002	-	Limitada
C88-553	2000	-	Descartada
C89-161	1999	-	Limitada
C89-176	2001	-	Limitada
C90-317	2000	0,01	Declinación
C90-501	2002	0,02	Introducción
C90-530	2002	1,36	Limitada
C92-203	2004	-	Introducción
Co997	1997	15,09	Estabilizada
My5514	1972	2,53	Limitada

Fuente: SERVAS (2021)

Según la nueva conceptualización para el manejo de las variedades de caña de azúcar en Cuba (González, 2019), de las 20 recomendadas para la alimentación vacuna (Tabla 1.1) se encuentran ocho en la categoría de limitadas (aquellas que han tenido un desarrollo ajustado a condiciones específicas), de estas solo cuatro forman parte del balance varietal en la provincia Camagüey. Cuatro han sido descartadas (eliminadas del proceso de producción por alguna razón técnicamente aconsejable), tres estabilizadas (se caracterizan por su gran estabilidad productiva), dos están en declinación (cuando se advierte una disminución sostenida de su expansión), dos en introducción (nuevas que tienen resultados satisfactorios en determinadas localidades) y una en crecimiento (cuando el área se incrementa sostenidamente).

Por estas razones, se evidencia que la situación actual para el uso de estas variedades de caña de azúcar en la ganadería del territorio cada vez es más compleja. Escenario que se agudiza si se considera que para la recomendación de estas variedades no se valoraron criterios agronómicos evaluados en condiciones edafoclimáticas representativas de las zonas ganaderas de la provincia, ni la percepción de los productores para su introducción.

1.2.2 Criterios de selección

Pate *et al.* (2002), consideraron importante que las variedades de caña de azúcar seleccionadas para la alimentación animal manifestaran gran productividad de biomasa verde, alto contenido energético y de fibra, y que fuesen de fácil cosecha.

Sin embargo, Urdaneta (2010) y Cruz *et al.* (2014), publicaron que para la selección de cañas forrajeras, además de considerar su capacidad de resistencia a plagas y enfermedades, al volcamiento de la cepa, tolerancia a la sequía, su productividad y calidad nutritiva; debe asegurarse que la variedad tenga períodos vegetativos cortos, alta precocidad, alto poder de germinación y rebrote, alto ahijamiento, amplia distancia entre nudos, poca dureza (blandas), ausencia de pelos o tricomas, alta relación hoja:tallo, bajo deshoje, borde de la hoja no aserrada y persistencia al corte.

Andrade *et al.* (2003); Bonomo *et al.* (2009) y Siqueira *et al.* (2012), observaron que la relación entre producción de materia digestible por hectárea está más relacionada con la producción de materia seca que con la digestibilidad, es por este motivo que infieren que la selección de variedades, con criterios de calidad, no puede ser realizada en detrimento de las características productivas.

Para Reis *et al.* (2019), además de la alta productividad, alto contenido de azúcar (sacarosa) y resistencia a plagas y enfermedades, que son requisitos comunes en las variedades mejoradas de caña de azúcar para la industria, otras características agrícolas deseables en esas variedades para su

uso en la alimentación de bovinos fueron: a) baja agresividad de las hojas (reducida vellosidad), lo que facilita la cosecha manual; b) despaje fácil o natural; c) porte erecto de las plantas y resistencia al acamado; d) rebrote vigoroso y longevidad del cañaveral. Como características indeseables destacaron el florecimiento intenso seguido del debilitamiento del tallo, que perjudica la calidad del forraje y las vellosidades excesivas de la hoja que dificultan la cosecha. La dureza del tallo y el contenido y calidad de la fibra (contenido de FDN) fueron otros puntos importantes en la elección de las variedades que más se adaptan al uso forrajero.

Entre las características a considerar para programas de selección de caña de azúcar con fines forrajeros, Silva y Rodrigues (2010), mencionaron: 1) producción de materia seca, 2) facilidad de cosecha y 3) composición nutricional relacionada con los contenidos de carbohidratos solubles, así como la calidad de la fracción fibrosa (FDN, FDA y lignina). Por otra parte, la edad de la plantación puede afectar el valor nutritivo de la caña de azúcar debido a: 1) cambios en la arquitectura de la planta, 2) relación hoja: tallo y 3) composición química y digestibilidad de esas fracciones (Lagos y Castro, 2019). Por tanto, las variables agronómicas (ej. Morfológicas) también podrían influenciar de manera directa la predicción del valor nutritivo en la caña de azúcar.

También en Brasil, para avalar la utilización de la caña de azúcar en la alimentación de bovinos, se utilizaron criterios cuantitativos como: contenido de FDN < 49,14 %, relación FDN/Pol < 3,03, contenido de carbohidratos de elevada degradación > 52,02 y porcentaje de fibra indigerible < 13,82 (Mello *et al.*, 2006).

En Hawái, Lee *et al.* (2014), basados en características visuales y táctiles y con las experiencias combinadas de más de 50 años de trabajo con forrajes para el ganado en sistemas de pasturas en ecosistemas tropicales y subtropicales, enunciaron 12 criterios para la selección de variedades de caña de azúcar para la alimentación de rumiantes. Estos fueron: alta relación hoja: tallo, suavidad de

las hojas al tacto, resistencia a la enfermedad de la roya (*Puccinia melanocephala* Sydow y P. Sydow), ausencia de pelos o tricomas, plantones bien poblados, nervadura central de las hojas delgadas, buena capacidad de rebrote, hojas anchas, hábito de crecimiento erecto, vainas de las hojas pequeñas, sin enraizamiento de los entrenudos del tallo y buen vigor de la planta.

1.2.3 Características de las variedades en estudio (INICA, 2019)

Las variedades C99-374 y C97-366 (Anexo 1 y 2) descinden de la hibridación entre los progenitores: B45181 x PC y Co997 x B6368, respectivamente. Desde las etapas iniciales del esquema de selección se descartaron para fines industriales por su bajo contenido de sacarosa, principal indicador que invalida las variedades para la producción de azúcar; sin embargo, por sus características fenotípicas promisorias para la producción de forraje, fueron seleccionadas de manera simultánea con 104 genotipos que se encontraban en diferentes etapas del esquema de selección. Como resultado de un proceso riguroso de evaluaciones agronómicas y fitopatológicas solo estas dos variedades, objeto de estudio, lograron llegar al final del proceso para ser evaluadas a partir de criterios forrajeros en las principales áreas ganaderas de la provincia Camagüey y del país.

La variedad C99-374 presenta tallos de color amarillo verdoso con visos morados de 3,4 cm de diámetro y una longitud de 247 cm en plantaciones de retoño de 12 meses, presencia de rajaduras de crecimiento, posición de los entrenudos ligeramente en zigzag de forma cilíndrica de 10-12 cm de longitud, abundante banda cerosa. Las yemas son obovadas, pequeñas, no llegan a tocar el anillo de crecimiento. El follaje es de color verde, con longitud media de 127 cm y 5,8 cm de ancho, con 10 hojas activas. Vainas de color verde con ligeros visos morados de 36 cm de longitud y 6 cm de ancho, con escasa presencia de pelos. Su población por metro lineal oscila entre 10-14 tallos.

En las pruebas estatales de resistencia efectuadas mediante inoculación artificial resultó resistente a la roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow y P. Sydow), al carbón (*Sporisorium scitamineum*

Sydow), al virus del mosaico (VMCA) y altamente resistente a la escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson).

La variedad C97-366 presenta tallos de color verde amarillento con visos negros de 2,9 cm de diámetro y una longitud de 252 cm en plantaciones de retoño de 12 meses, sin rajaduras de crecimiento, entrenudos de forma cilíndrica de 12-15 cm de longitud, poca banda cerosa. La yema es ovalada, mediana, llega a tocar ligeramente el anillo de crecimiento. El follaje es de color verde, de una longitud media de 136 cm y 5,8 cm de ancho, con nueve hojas activas. Las vainas son de color verde con ligeros visos morados de 28 cm de longitud y 6 cm de ancho, con escasa presencia de pelos. Su población por metro lineal oscila entre 12-18 tallos.

En las pruebas estatales de resistencia efectuadas mediante inoculación artificial resultó intermedia a la roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow y P. Sydow), resistente al carbón (*Sporisorium scitamineum* Sydow), al virus del mosaico (VMCA) y altamente resistente a la escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson).

La variedad My5514 (Anexo 3) desciende de la hibridación entre los progenitores: CP34-79 x B45181. Sus tallos manifiestan un color verde amarillento con coloraciones moradas, de 320 cm de altura y 3 cm de diámetro, formados por canutos que describen un ligero zigzag. Sus entrenudos son de forma conoidal, de 10 cm de longitud cubierto por abundante capa cerosa. Carece de rajaduras de crecimiento y canal de la yema. Las yemas son de forma ovada, tocan la cicatriz foliar y cubren el anillo de crecimiento. El follaje del limbo es de color verde normal de 160 cm de longitud, 6 cm de ancho y bordes aserrados, con vainas de color verde, de 37 cm de longitud y 8 cm de ancho, pocas espinas en la parte dorsal, envuelve al entrenudo en el tercio inferior.

Manifiesta una excelente brotación, hábito de crecimiento ligeramente abierto, cierre de campo tardío, buen despaje, floración escasa (enero-febrero), buen retoñamiento, población de 14 tallos molibles por

metro. Se planta en todas las provincias del país, alcanza un alto rendimiento agrícola y aceptable contenido azucarero.

Resistente al VMCA (Virus del mosaico de la caña de azúcar), carbón (*Sporisorium scitamineum* Sydow), pudrición roja (*Colletotrichum falcatum* Went), escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson) y susceptible a la roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow y P. Sydow).

1.3 Valor nutritivo de la caña de azúcar

La caña de azúcar es rica en carbohidratos y una fuente energética por excelencia, pero su contenido en proteína es bajo (< 5 % de la MS), y dependen del estado de madurez, edad del cultivo, variedad y clima. Además, presenta un desequilibrio mineral y baja digestibilidad, características que permiten clasificarla como forraje de regular calidad, por lo tanto, el suministro tiene que ir acompañado de una fuente de proteína y de minerales (Martín, 2021).

La composición química de la caña también depende de la interacción entre la variedad, edad del rebrote y fracción de la planta (integral, cogollo y tallo), la PB es mayor para el cogollo (3,83 %), seguido de la caña integral (1,44 %) y los tallos (0,59 %); la FDN es mayor para el cogollo (74 %), intermedia para la caña integral (54,13 %) y menor para los tallos (35,21 %) debido a la cantidad de azúcares solubles en el contenido celular. Para el caso de las cenizas, fósforo (P) y potasio (K), los contenidos dependen de la variedad, edad de rebrote y fracción de la planta, pero en el contenido de materia seca (MS) intervienen la edad de rebrote y la fracción de la planta (Lagos y Castro, 2019).

El contenido nutricional y la producción de biomasa son factores condicionantes de la edad de corte adecuada para el consumo. La caña se puede cosechar entre los tres y cuatro meses de edad con el fin de aprovechar un forraje integral tierno y de buena calidad, debido a que presenta los mejores valores nutricionales, una mejor relación hoja:tallo y una altura adecuada para la cosecha (Bastidas *et al.*, 2010). También puede ser cosechada entre los ocho y 12 meses de edad, dado la alta

producción de biomasa, menor contenido de FDN, buen contenido de azúcares no reductores y reductores, con °Brix que varían entre 12 y 16 y una humedad adecuada que facilita el proceso degradativo del alimento (Torres, 2011).

Según Torres (2009), el elevado potencial energético y alto contenido de energía digestible que presenta la caña se encuentra fundamentalmente en forma de azúcar. Sin embargo, a la vez que la planta envejece, con el grado de maduración, la mayoría de los azúcares reductores contenidos en ella se reducen y se convierten en sacarosa. Después de alcanzada la maduración, la sacarosa contenida declina con el correspondiente incremento de los azúcares reductores y disminuye el valor industrial, pero no necesariamente tiene que suceder así para su utilización en el consumo animal, de ello se deduce que se produce una transferencia hacia carbohidratos igualmente disponibles para la nutrición animal.

Entre edades de ocho y 16 meses, López *et al.* (2006), observaron valores favorables de digestibilidad en el orden de un 15 % superior para las cañas más madura; sin embargo, los niveles de proteínas y grasas para estas mismas cañas disminuyeron.

Otro factor importante a considerar es la digestibilidad; en este sentido, mediante la técnica *in situ*, López *et al.* (2003) y Aranda *et al.* (2004), evaluaron los cambios en la digestión de diferentes variedades de caña de azúcar integral y sus fracciones de FDN y FDA. Al comparar la digestibilidad *in situ* de las diferentes porciones de la caña (integral, tallos y cogollo), detectaron que la digestibilidad a las 96 horas de incubación fue mayor para los tallos (69,9 %), seguido de la caña integral (66,8 %) y de los cogollos (45,7 %). Estos autores arribaron a la conclusión que la adición de enzimas fibrolíticas altera la estructura de la pared celular, por lo que se consideró que estas pueden mejorar la digestibilidad de la fibra de la caña de azúcar.

Magaña *et al.* (2009), publicaron que la digestibilidad de la materia seca de la caña de azúcar, es mayor que la de otras gramíneas tropicales, debido a la presencia de carbohidratos solubles de fácil fermentación. Sin embargo, Martín (2005), informó que la tasa de digestión de la fibra es menor que en la mayoría de los pastos y leguminosas, lo cual indica que la digestión de las paredes celulares de la caña de azúcar representa una de las principales limitantes para utilizarla por los rumiantes (González y Rodríguez, 2010).

Martín (2005), publicó que la alta concentración de azúcares solubles de la caña de azúcar (sacarosa, glucosa y fructosa) puede inhibir la celulolisis ruminal e influir negativamente en la digestibilidad de la fibra y el consumo voluntario, lo cual pudiera limitar el uso de la caña de azúcar como fuente básica energética por los rumiantes. También indicó que en estudios realizados las variaciones en el contenido de fibra bruta de la caña de azúcar fueron desde un 23 % hasta un 33,2 % y los de lignina desde 4 % hasta 6,3 %, el contenido de nitrógeno permaneció bastante similar, por lo que consideró que con estos datos el valor alimenticio puede variar desde un alimento malo, hasta uno comparable a un forraje de media calidad.

1.3.1 Composición química de la caña de azúcar

El jugo está compuesto por agua (70-80 %) y sólidos, de éstos entre el 12-20 % son solubles e incluyen azúcares como la sacarosa (90 %), glucosa y fructosa (2-4 %). Además, contiene otros no azúcares en suspensión como materias círeas, pentosas de naturaleza orgánica, sales inorgánicas, cenizas insolubles en HCl y fibra. Su pH oscila entre 5-5,5 (Rodríguez, 2009; Rein, 2012).

La sacarosa representa el 10 % de la caña y en los centrales típicos se aprovecha solo el 50 % de la energía que contiene la planta. La fibra constituye la fracción sólida orgánica insoluble en agua presente en el tallo de la caña y se caracteriza por su marcada heterogeneidad desde el punto de vista químico y morfológico (Reis, 2019).

La pared celular está compuesta principalmente por polisacáridos de composición y estructura variable (entre los que se destacan la celulosa y hemicelulosa), lignina, ácidos fenólicos, proteínas, iones y agua (Rein, 2012).

1.3.2 Digestibilidad de la caña de azúcar

La calidad de los forrajes está estrechamente vinculada a las características químicas, producción de materia seca y a la digestibilidad, este último concepto expresa el nivel de utilización que se hace de las propiedades alimentarias de cualquier tipo de alimento (Silvera *et al.*, 2009).

Molina *et al.* (2000), en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) recomendaron un grupo de 12 variedades comerciales de caña de azúcar que presentaron valores de digestibilidad de la MS entre 50 y 54 %. También orientaron la no utilización de otro grupo de siete que alcanzaron valores muy bajos de digestibilidad (32-35 %).

Por su parte, Suárez *et al.* (2006), evaluaron 15 caracteres en 26 variedades de caña de azúcar con 12-14 meses de edad. Como resultado recomendaron para su explotación en las áreas ganaderas del país 10 variedades comerciales, los cuales mostraron porcentajes de digestibilidad superiores al 50 %.

1.3.2.1 Producción de gas *in vitro*

Entre las posibles técnicas a emplear para predecir el valor nutritivo de un alimento para rumiantes están los llamados métodos *in vitro*. Dichos métodos permiten mantener mejor las condiciones experimentales y ser por tanto más precisos que los *in vivo*, además de ser menos costosos y en general, bioéticamente aceptables (Martínez, 2008).

Dentro de los métodos *in vitro* el de producción de gases se reconoce como uno de los más importantes por su sencillez y porque brinda la posibilidad de manejar un gran número de muestras,

y medir la velocidad y extensión de la degradación de los nutrientes (Menke *et al.*, 1979; Posada y Noguera, 2005; Martínez, 2008; González, 2010).

El procedimiento tiene como principio la medición del volumen de gas producido cuando una muestra en estudio es sometida a la acción de un conjunto de microorganismos que la degradan dentro de un medio mineral amortiguado que cumple con la doble condición de servir de suplemento nutricional a los microorganismos y de regular el pH, con un amortiguador que genera una cantidad de CO₂ proporcional a la cantidad de ácidos producida por degradación de la muestra. El buffer debe ser capaz de neutralizar los ácidos grasos volátiles producidos durante la fermentación con vista a mantener constante el pH y suministrar los nutrientes necesarios para una óptima actividad microbiana (García *et al.*, 2005).

La técnica de producción de gas *in vitro* es una herramienta valiosa para evaluar el valor nutricional de los forrajes, pero su principal inconveniente radica en la imposibilidad de comparar los resultados de los laboratorios de diferentes partes del mundo, ya que en ello influyen numerosos factores. Dentro de estos se encuentran: el tipo de sustrato, especie donante del inóculo, solución amortiguadora, pH del medio, número de microorganismos, dieta del donante, control de la temperatura y agitación durante la incubación (Posada y Noguera, 2005; Martínez, 2008).

Ammar *et al.* (2005); García *et al.* (2005); Martínez (2008); González (2010) y León (2012), consideraron que el volumen de gas está relacionado con la digestibilidad del alimento y su valor energético. Por tanto, se considera de gran importancia la utilización de esta técnica para la caracterización del valor nutritivo de variedades de caña de azúcar con fines forrajeros.

Capítulo II.

Metodología Experimental

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1 Introducción

En este acápite se incluye la metodología experimental, común para todo el capítulo de Resultados y discusión, y las particularidades de cada experimento se exponen en sus secciones correspondientes.

La secuencia experimental está estructurada de la siguiente forma (Figura 2.1): un primer acápite sobre la evaluación del comportamiento agronómico de las variedades de caña de azúcar (I); un segundo acápite sobre la determinación de indicadores del valor nutritivo de las variedades de caña de azúcar (II), y un tercer acápite sobre la respuesta productiva y percepción de productores con el uso de las variedades de caña de azúcar (III).

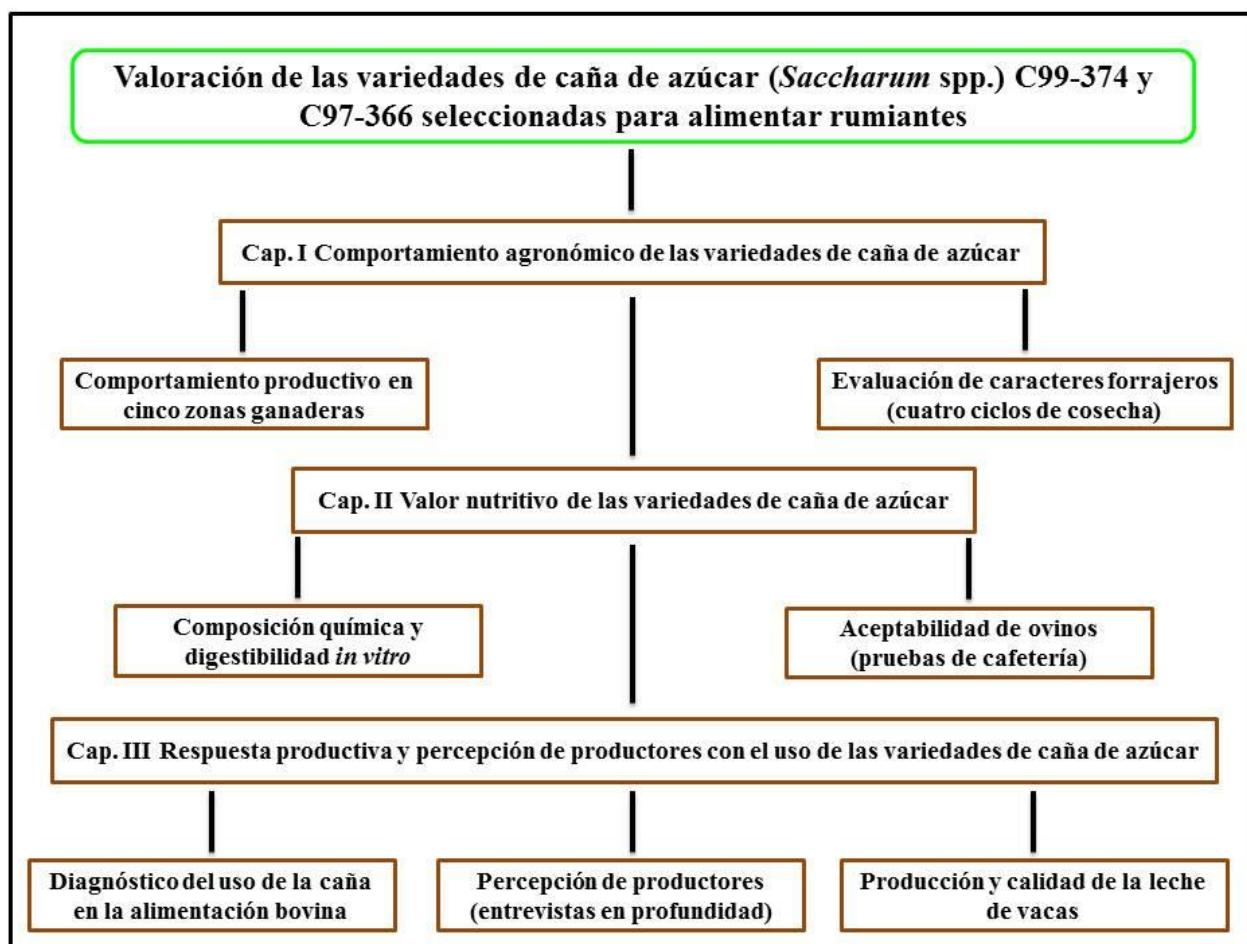


Figura 2.1. Secuencia experimental.

2.2 Ubicación de las áreas experimentales

Los experimentos de campo se establecieron en cinco zonas ganaderas representativas de la provincia de Camagüey (Anexo 4). Las coordenadas geográficas de las zonas y el tipo de suelo fueron las siguientes:

Tabla 2.1. Ubicación geográfica de los experimentos de campo en la provincia.

Zona	Ubicación geográfica	Tipo de suelo
ETICA	21° 30' 37" LN 78° 15' 31" LO 54,50 m.s.n.m	Pardo con carbonatos
EEPFI	21° 17' 26" LN 77° 46' 56" LO 113,33 m.s.n.m	Fersialítico pardo rojizo
La Vallita	21° 25' 43" LN 78° 07' 36" LO 66,85 m.s.n.m	Pardo sin carbonatos
Los Pinos	21° 29' 36" LN 78° 14' 39" LO 54,10 m.s.n.m	Pardo grisáceo
Sabanilla	21° 29' 39" LN 78° 19' 48" LO 35,82 m.s.n.m	Arenoso cuarcítico

El suelo sobre el cual se establecieron los experimentos de campo se clasificaron de acuerdo con el mapa de suelos de la provincia Camagüey (1:25 000) y corroborado con Hernández *et al.* (2015), como aparece en la Tabla 2.1.

En el Anexo 4 se puede apreciar algunas de las principales características químicas del perfil de 0-20 cm muestreado en cada suelo donde se plantaron los experimentos de campo al inicio del estudio. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Suelos perteneciente a la UEB INICA Villa Clara (SERFE, 1999).

2.3 Características del clima

Se caracteriza por una temperatura media promedio de 25,2 °C, con una máxima y mínima promedio de 30,7 y 21,0 °C, respectivamente. El régimen pluviométrico promedio anual es de 1223,2 mm de precipitaciones, con 120 días lluvia. El 75,22 % de las lluvias se producen en el período comprendido entre los meses de mayo a octubre. La humedad relativa promedio anual es de 78,0 % (INSMET Camagüey, 2021).

2.4 Plantación y atenciones culturales

La plantación de los experimentos en las cinco localidades se efectuó en el mes de marzo de 2014, utilizando para ello 750 trozos de tres yemas por variedad, las cuales se distribuyeron a razón de 50 estacas por surco. Se utilizó un marco de plantación de 1,60 m entre surcos y 0,40 m entre plantas. Se logró una densidad de 12 yemas por metro lineal. Cada parcela experimental consistió en cinco surcos de 10 m de largo y 1,60 m entre surcos (80 m^2), utilizando como parcela neta los tres surcos centrales (48 m^2). El área plantada por experimento fue de 0,07 ha.

En la cepa de caña planta la fertilización se realizó en forma fraccionada: una aplicación al momento de la plantación (75 % N y 100 % K y P) y 90 días después (25 % N) para totalizar 120 kg ha^{-1} de N, 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 y 80 kg ha^{-1} de K_2O . Se realizó un control inicial de malezas en post-emergencia temprana y un control periódico manual cada 2-3 meses.

En cada uno de los experimentos de campo, de las cinco localidades, se realizó la cosecha a los 12 meses de edad, que coincidió con la primera decena del mes de marzo de los años 2015 y 2016. En el retoño posterior al corte de la cepa de caña planta no se fertilizó el cultivo. Se realizaron dos labores de limpieza manual y se combinaron con dos cultivos con arado de vertedera tirados por la tracción animal hasta lograr el establecimiento de los experimentos libre de malezas en cada ciclo de cosecha. Estas atenciones culturales se realizaron según lo establecido por Santana *et al.* (2014). Los experimentos se llevaron a cabo en condiciones de secano.

2.5 Tratamiento y diseño experimental

Para el montaje de los experimentos de campo se utilizó el diseño de bloques al azar, el cual contó con tres tratamientos (variedades: C99-374; C97-366 y testigo My5514) y tres réplicas, para un total de nueve parcelas experimentales.

2.6 Procesamiento estadístico y programas usados

Se creó una base de datos con toda la información obtenida en las evaluaciones realizadas. Para el procesamiento estadístico se analizó la normalidad de los datos (prueba de Kolmogorov y Smirnov) y la homogeneidad de varianza (prueba de Levene). Se aplicó el modelo estadístico multivariado de regresión de sitios (SREG) y para la representación bidimensional (*biplots*) del modelo se utilizó el programa informático Biplot v1.1 (Smith, 2002). Se realizaron análisis de varianza de clasificación simple y comparación múltiples de medias, y las diferencias se determinaron mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p<0,05$). Se utilizaron estadígrafos descriptivos. Se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV, Versión 15.1.02 (2006).

Capítulo III.

Comportamiento agronómico de las variedades de caña de azúcar

CAPÍTULO III. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR

3.1 Introducción

La productividad en el cultivo de la caña de azúcar depende de factores bióticos y abióticos, donde la interacción genotipo-ambiente puede representar entre un 66 y 95 % de la variación total del rendimiento (Jorge *et al.*, 1996). Por estas razones varios mejoradores de caña de azúcar sugieren en las etapas finales de selección y recomendación de nuevas variedades realizar las evaluaciones en condiciones edafoclimáticas que sean lo más cercanas posibles al lugar donde se van introducir en la práctica productiva (García, 2007; Jorge *et al.*, 2010; Rodríguez, 2012).

Para la obtención y recomendación de una nueva variedad de caña de azúcar para forraje es preciso considerar una serie de criterios agronómicos que permitan definir su posible utilización para este fin. Un genotipo ideal sería aquel que es capaz de producir altos volúmenes de biomasa de una manera estable, sin importar las condiciones edafoclimáticas en donde se establezca, y que sus producciones no declinen de manera brusca con el número de cortes practicado. Además, debe tener una composición morfológica que se caracterice por la mayor proporción posible de hojas y cogollo con respecto al tallo; así como ser eficiente desde el punto de vista fisiológico (Molina *et al.*, 2000; Stuart, 2002; Lagos y Castro, 2019).

Los objetivos de este capítulo fueron:

- Evaluar la productividad y estabilidad fenotípica de las variedades de caña de azúcar en diferentes zonas ganaderas de la provincia Camagüey.
- Determinar el comportamiento de indicadores del carácter forrajero en las variedades de caña de azúcar.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Productividad y estabilidad fenotípica de las variedades de caña de azúcar en diferentes zonas ganaderas de la provincia Camagüey

3.2.1.1 Variables a evaluar

Para evaluar la productividad de las variedades de caña de azúcar en diferentes zonas ganaderas de la provincia Camagüey se consideró la estabilidad fenotípica de la producción de biomasa verde (PBV) y seca (PBS) durante dos ciclos de cosecha.

Para el cálculo de la PBV por variedad se cosecharon los tres surcos centrales de cada parcela, se pesó el material y se expresó la cantidad en toneladas de biomasa verde por hectárea. La PBS se obtuvo por medio de la expresión:

$$\text{PBS} = \text{PBV} \times \text{MS} / 100$$

Donde:

PBS: Producción de Biomasa Seca.

PBV: Producción de Biomasa Verde.

MS: Porcentaje de Materia Seca de la Muestra Fresca.

3.2.1.3 Procesamiento estadístico

Para comprobar la variabilidad entre las respuestas de las variedades en estas zonas ganaderas, se realizó un ANAVA de clasificación triple, de efectos mixtos, con los datos de las variables PBV y PBS. Se tomaron como factores: variedades (C97-366, C99-374 y My5514), localidades (cinco zonas ganaderas) y cepas (caña planta y soca), así como sus interacciones.

Se aplicó el modelo estadístico multivariado de Regresión de Sitios (SREG) para el estudio de las interacciones entre factores y comparar el patrón de respuesta por localidad (Yan, 2001). Este consiste en una combinación del análisis de componentes principales (CP) con el ANAVA, en el

cual el efecto de las variedades se analiza de manera conjunta al efecto de la interacción variedad x localidad. La expresión del modelo es:

$$Y_{ij} - Y_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

dónde: Y_{ij} : observación correspondiente a la combinación de niveles ij; Y_j : media del nivel j; λ_1 y λ_2 : valores singulares de los CP1 y CP2; ξ_{i1} y ξ_{i2} : coordenadas de CP1 y CP2 para el nivel i; η_{j1} y η_{j2} : coordenadas de CP1 y CP2 para el nivel j; ε_{ij} : residuo.

Con la representación gráfica de los dos primeros componentes se determinó la correlación entre ambientes, definida por el coseno formado entre los vectores de dos localidades, así como, la magnitud y estabilidad de la respuesta de diferentes variedades dadas por la longitud de sus vectores (Yan y Tinker, 2006). Se representó con una línea de una sola flecha la tendencia creciente del rendimiento a través de todos los ambientes y con una línea única la variabilidad (estabilidad) de la respuesta en cualquier dirección. Un ángulo agudo entre vectores determinó una correlación positiva, uno llano correlación negativa y uno recto no correlación. Para la representación bidimensional (biplots) del modelo se utilizó el programa informático Biplot v1.1 (Smith, 2002).

3.2.2 Comportamiento de indicadores del carácter forrajero en las variedades de caña de azúcar

Los indicadores del carácter forrajero evaluados fueron la capacidad de rebrote y composición morfológica (tallos, cogollos y paja) a los 12 meses de edad durante los primeros cuatro ciclos de cosecha en el experimento de campo perteneciente a la zona ganadera de la ETICA. En esta misma área también se determinó la concentración de clorofila total (a + b) en hojas en el ciclo de cosecha de tercer retoño a los seis, nueve y 12 meses de edad de rebrote.

La capacidad de rebrote se evaluó mediante la determinación de la PBV y PBS durante cuatro ciclos de cosecha. Estas variables se obtuvieron de la misma forma que se describió en el acápite 3.2.1.2.

Para la determinación de la composición morfológica (tallo, cogollo y paja) se tomaron por réplica tres muestras representativas por variedad. Cada muestra estuvo representada por un tallo con cogollo y paja, el cual se cortó a ras de suelo con el uso del machete. Estas fracciones fueron separadas y pesadas para determinar su porcentaje (Molina *et al.*, 1995).

La concentración de clorofila total (a + b) en hojas se determinó por el método espectrofotométrico de extracción de pigmentos descrito por Hiscox e Israelstam (1979). Se utilizó un espectrofotómetro de haz simple Modelo UV-21 Marca ONDA, y se realizaron lecturas a 645 y 663 nm de longitud de onda.

Para la determinación de la clorofila total (a+b) se utilizó la ecuación descrita por Arnon (1949), esta fue:

$$\text{Clorofila Total} = (20,2 \times \text{Abs } 645) + (8,02 \times \text{Abs } 663)$$

3.2.2.1 Procesamiento estadístico

Se determinaron las medias y errores estándar según cada caso. Se realizaron análisis de varianza (ANAVA) de clasificación simple y se determinaron las diferencias entre medias a partir de la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p<0,05$). Se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV, Versión 15.1.02 (2006).

3.3 Resultados y Discusión

3.3.1 Productividad y estabilidad fenotípica de las variedades de caña de azúcar en diferentes zonas ganaderas de la provincia Camagüey

Se evidenció diferencias estadísticamente significativas en la interacción de los factores variedad, localidad y cepa ($p<0,05$) para la variable PBV. Las mayores variaciones la manifestaron la localidad y cepa con un 43,17 y 24,35 %, respectivamente, así como la interacción variedad x localidad que mostró una variabilidad del 17,34 % con relación a la variación total en el estudio (Anexo 5). Estos resultados demuestran la presencia de interacción genotipo-ambiente en el estudio. Rea *et al.* (2014), publicaron que el resultado de esta interacción es la inconsistencia en el comportamiento de los genotipos en los ambientes. Afirmación que se corrobora con la variabilidad en la producción de biomasa verde de las variedades en las cinco zonas ganaderas.

La representación bidimensional del modelo de Regresión de Sitios del comportamiento medio de los genotipos y su estabilidad para la variable PBV ($t \text{ ha}^{-1}$) permitió caracterizar a la variedad C99-374 como el genotipo de mayor rendimiento (mayor distancia de la proyección de estos genotipos en el sentido de la flecha oblicua y el centro de coordenadas) y estabilidad, al mostrar menor distancia de sus proyecciones sobre la flecha doble y el centro de coordenadas de la Figura 3.1.

La variedad C97-366 alcanzó valores de producción de biomasa superiores al testigo My5514, pero inferiores a la media del estudio. Ambos genotipos demostraron ser inestables y manifestar adaptación específica a los ambientes de la Estación Experimental de Pastos y Forraje (EEPF) y Los Pinos, respectivamente.

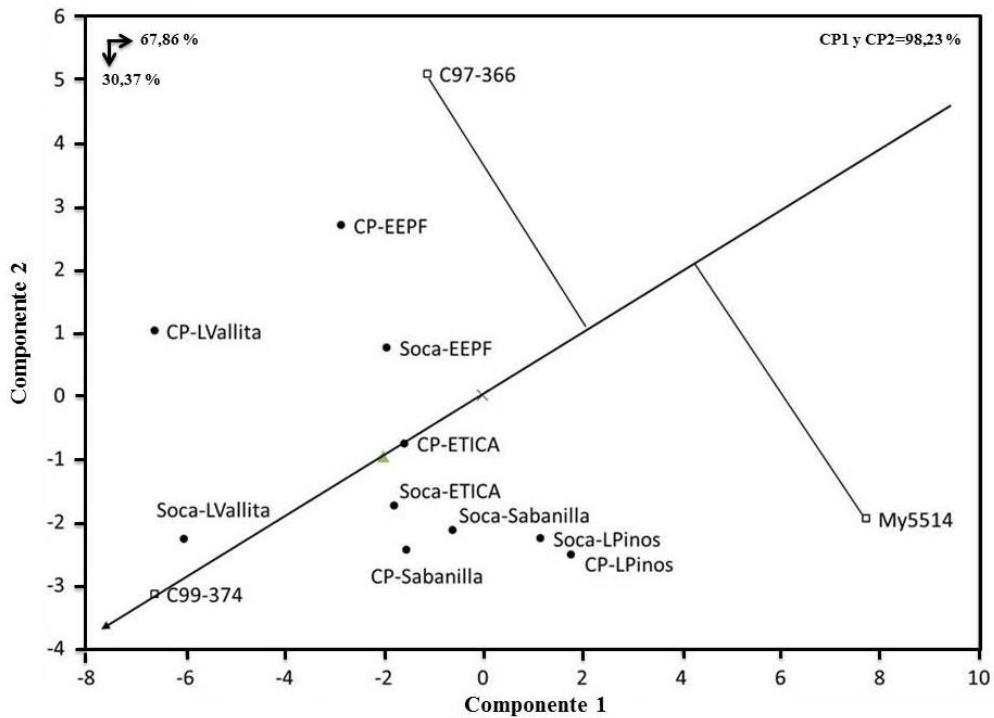


Figura 3.1. Comportamiento productivo y estabilidad fenotípica de las variedades según producción de biomasa verde ($t ha^{-1}$).

Este comportamiento de los genotipos producto de la interacción genotipo-ambiente se presume que pudiera estar ocasionado por las diferencias que existen entre localidades con respecto a las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, y a las condiciones climáticas, donde juega un papel importante el régimen y la distribución de las precipitaciones durante las fases vegetativas del cultivo y al manejo agrotécnico a las plantaciones. Por tanto, aquellos genotipos que toleren más los eventos adversos que pudieran generarse en cada una de las localidades serían los más estables, de mayor adaptación y respuesta productiva en cada uno de los ambientes. Afirmación que corrobora lo publicado por Pérez (2019) que, al referirse a las causas que determinan la existencia de interacción genotipo-ambiente, planteó que la mayor interacción puede esperarse cuando, por una parte, existe una amplia variabilidad entre los genotipos para caracteres morfofisiológicos que confieren la resistencia (o susceptibilidad) a uno o más tipos de estrés y, por otra, cuando es

apreciable una amplia variación entre los ambientes para la incidencia de los mismos factores de estrés (determinados por el clima, el suelo, factores bióticos, y factores de manejo).

Para la PBS también se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,01$) en la interacción de los factores variedad, localidad y cepa. Las mayores variaciones la manifestaron la localidad y la interacción variedad x localidad con un 46,82 y 19,98 %, respectivamente, así como la cepa que mostró una variabilidad del 18,52 % con relación a la variación total en el estudio (Anexo 6). Estos resultados son muy similares a los obtenidos para la PBV, y también evidencian la presencia de la interacción genotipo-ambiente en el estudio.

De igual forma para la PBS, la variedad C99-374 se caracterizó como el genotipo de mayor rendimiento (mayor distancia de la proyección de estos genotipos en el sentido de la flecha oblicua y el centro de coordenadas) y estabilidad, al mostrar menor distancia de sus proyecciones sobre la flecha doble y el centro de coordenadas de la Figura 3.2.

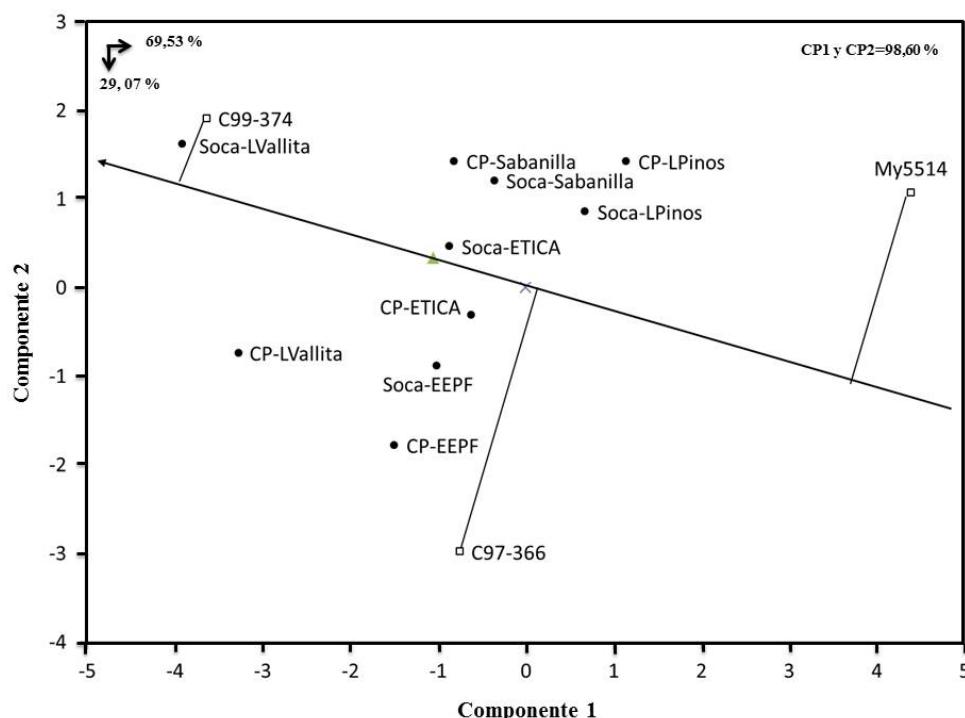


Figura 3.2. Comportamiento productivo y estabilidad fenotípica de las variedades según producción de biomasa seca ($t ha^{-1}$).

La variedad C97-366 manifestó resultados muy similares a los obtenidos para la variable PBV. Alcanzó valores de PBS superiores al testigo My5514, pero inferiores a la media del estudio. Ambos genotipos demostraron ser inestables y manifestar adaptación específica a los mismos ambientes que los descritos para la PBV. Por lo que pueden ser catalogados como genotipos de tolerancia media y adaptación específica.

Estos resultados son de gran valor práctico, ya que permiten ubicar a cada variedad en el ambiente donde pueden expresar su mayor potencial genético para la producción de biomasa (Rea *et al.*, 2017; Jorge *et al.*, 2018; Jorge *et al.*, 2019). De esta forma se pueden alimentar mayor número de animales principalmente en el período poco lluvioso del año, lo que posibilitaría mantener los indicadores productivos y reproductivos de manera estable en las fincas de productores agropecuarios (Spencer *et al.*, 2018; Guevara *et al.*, 2020).

De manera general las variedades forrajeras manifestaron un mayor potencial genético para la producción de biomasa en relación a la variedad My5514 al alcanzar promedios de rendimiento superiores en las cinco zonas ganaderas donde se establecieron los estudios.

3.3.2 Comportamiento de indicadores del carácter forrajero en las variedades de caña de azúcar

3.3.2.1 Capacidad de rebrote

En los cuatro ciclos de cosecha se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre variedades para la variable PBV. La C99-374 alcanzó los mayores valores medios ($p<0,05$) de esta variable en cada una de las cepas y también en el rendimiento promedio de los cuatro ciclos ($104,42 \text{ t ha}^{-1}$). En la cepa de caña planta esta variedad no difiere estadísticamente de la C97-366, pero sí con el testigo. En los dos primeros retoños mostró diferencias estadísticamente significativas

con las dos restantes variedades, y en el tercer retoño no difiere del testigo, pero sí con relación a la C97-366 (Figura 3.3).

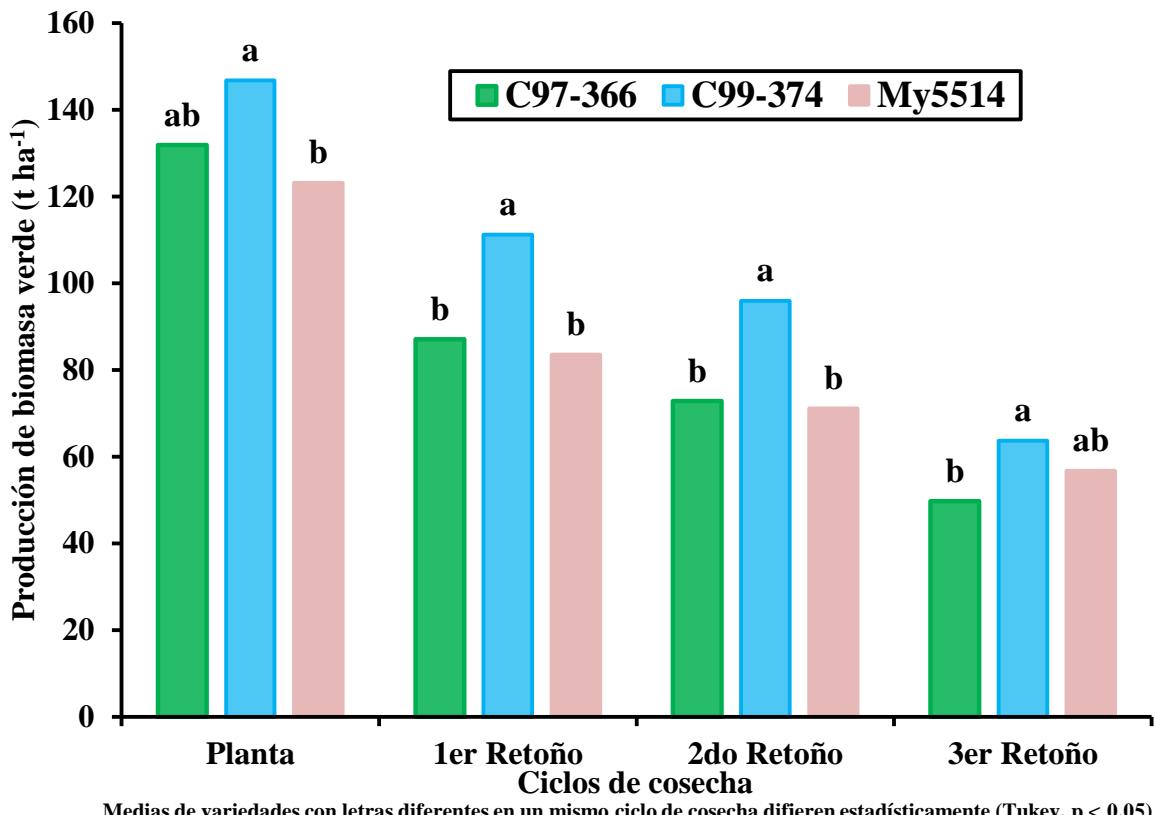


Figura 3.3. Producción de biomasa verde de las variedades por ciclos de cosecha.

De manera general las tres variedades mostraron una disminución del rendimiento. Este resultado se presume que están ocasionados en gran medida por la baja capacidad agroproductiva del suelo donde se desarrolló el estudio, razón que se hizo más crítica en la medida que se efectuaron los cortes, por la falta de fertilización del área. McCray y Swamson (2020), reconocieron lo señalado anteriormente al publicar que los suelos con bajo contenido de materia orgánica (< 2 %) tienen una baja capacidad de retención de agua y nutrientes. Por tanto, requieren de un adecuado manejo de riego, drenaje y fertilización para mantener un nivel económicamente sostenible de producción del cultivo. Por su parte, McCray y Ji (2018), sugirieron que para estos suelos se deben realizar

aplicaciones con portadores de N y K de forma fraccionada, para lograr el suministro de nutrientes al cultivo de una forma más continua y puedan ser mejor aprovechado por la planta.

Otra causa que pudo influenciar la disminución en la PBV con el número de cortes fue el régimen pluviométrico del estudio (Anexo 7). En los cuatro ciclos de cultivo este se caracterizó por ocurrir más del 90 % de las precipitaciones en el período de mayo a octubre, lo que favoreció la fase de ahijamiento y de máximo crecimiento del cultivo, sin embargo, en los restantes meses hasta la cosecha (marzo) la planta sufrió déficit hídrico, lo que afectó la productividad final. En la Figura 3.4 se puede apreciar que las cepas de segundo y tercer retoño fueron las más afectadas. Es preciso señalar que las precipitaciones por ciclo no registraron los 1 500 mm anuales. Al respecto, Inman y Lakshmanan (2012), señalaron que el cultivo de la caña de azúcar responde muy bien a un régimen pluviométrico que oscile entre los 1 500 y 2 500 mm de precipitaciones bien distribuidas durante todo el año.

También Giacomini *et al.* (2014) y Munsif *et al.* (2018), ratificaron que la variabilidad del régimen pluviométrico es, en la mayoría de las veces, responsable de la oscilación de la producción en caña de azúcar, ya sea de forma positiva o negativa, pudiendo ocurrir por excesos o déficits hídricos. Esta afirmación es corroborada por varios estudios donde se demuestra la correlación positiva entre la producción de biomasa verde y el régimen pluviométrico (Carvalho *et al.*, 2015; Teodoro *et al.*, 2015).

Varios autores coinciden que en el cultivo de la caña de azúcar se manifiesta una disminución de la productividad de todas las variedades utilizadas con el incremento del número de cosechas, y ocurre más rápido en suelos de baja fertilidad (Fernández *et al.*, 2009; Vardanega *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2018; Alves *et al.*, 2019). Este comportamiento desde el punto de vista fisiológico se le puede atribuir a que en la formación inicial de la cepa de caña planta el cultivo se reproduce a través de

una estaca, la cual posee suficiente reserva de nutrientes y buen estado fitosanitario. Sin embargo, con los consecuentes cortes la planta se nutre mediante la cepa previamente establecida y la misma, en la medida que aumentan los cortes se ve en desventaja con la cepa de caña planta al existir factores adversos que se producen en la cosecha, como daños mecánicos, compactación del suelo, envejecimiento del sistema radical y plagas que pueden afectar como nematodos, barrenadores, etc. También es preciso señalar que en la medida que aumenta el número de cortes la planta tiende a disminuir su capacidad para responder a factores externos de manejo agronómico como la fertilización, cultivo y cosecha. Así como a las principales variables climáticas para el desarrollo del cultivo, dentro de las que pueden mencionarse las precipitaciones, luz y temperatura (Chumphu *et al.*, 2019).

La disminución de la PBV en el estudio, al considerar el tercer retoño con respecto al ciclo de caña planta, estuvo en el orden de los 53,93 y 62,27 %, valores que según las condiciones donde se desarrolló este experimento se encuentran dentro del rango publicado por Kumar (2019) y Heliyanto *et al.* (2020), que estimaron una reducción de la productividad en caña de azúcar de 60 a 70 % en condiciones de secano.

Resultados muy similares a los obtenidos en este estudio fueron publicados por Fernández *et al.* (2021), que evaluaron en Cuba la persistencia al corte de 11 variedades recomendadas para la alimentación animal y alcanzaron rendimientos de PBV promedios de $89,32 \text{ t ha}^{-1}$ para las primeras cuatro cosechas.

Santos (2015), publicó resultados similares a los de este estudio, al obtener valores medios de $93,59 \text{ t ha}^{-1}$ de PBV en el ciclo de primer retoño. También Sieiro *et al.* (2018), evaluaron en el ciclo de caña planta variedades de caña de azúcar recomendadas para la alimentación bovina, dentro de

las que se encontraban la C97-366, C99-374 y My5514 y alcanzaron valores de PBV similares a los obtenidos en este estudio.

Alves *et al.* (2019), evaluaron en Brasil durante cuatro ciclos de cosecha tres variedades de caña de azúcar para alimento animal y como resultado obtuvieron rendimientos de PBV promedios por cepas de 87,33; 82,42; 81,30 y 63,67 t ha⁻¹, con un promedio de los cuatro ciclos de cosecha de 78,68 t ha⁻¹. También Silva *et al.* (2017), evaluaron el crecimiento de la variedad RB96-7515 en los primeros tres ciclos de cosecha, y obtuvieron una PBV de 72; 63 y 67 t ha⁻¹ para caña planta, primer y segundo retoño, respectivamente. Todos estos resultados publicados por los autores citados anteriormente son inferiores a los alcanzados en este estudio.

En Cuba, Franco (1981); Molina *et al.* (1995 y 2000); Milanés *et al.* (1997) y Leyva (2012), desarrollaron investigaciones en la temática del uso de la caña de azúcar como alimento animal. Estos autores publicaron valores de PBV que oscilaron entre 59 y 114,2 t ha⁻¹ año⁻¹ en el ciclo de caña planta, los cuales son inferiores a los obtenidos en este estudio. Estos resultados se pueden atribuir a los factores genotípicos, manejo y a las condiciones edafoclimáticas, ya que no fueron las mismas variedades las que se evaluaron en cada estudio, ni las mismas condiciones de suelo y clima.

Fundora *et al.* (2007) y Ruiz (2012), coincidieron en el criterio de que una hectárea de caña sin regadío, ni fertilizada, en un suelo con adecuadas características físicas y fertilidad media, puede producir entre 40 y 43 t ha⁻¹ año⁻¹ de biomasa aprovechable por el ganado vacuno como rendimiento potencial mínimo. En este estudio las tres variedades en el tercer retoño todavía superan estos valores publicados, lo que demuestra su alto potencial para producir forraje.

Con relación a la PBS se manifestaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre variedades en todos los ciclos de cosecha. La C99-374 alcanzó los mayores valores medios de esta

variable por cepa y también en el promedio de los cuatro ciclos ($32,53 \text{ t ha}^{-1}$), resultados que difieren estadísticamente ($p<0,05$) de las restantes dos variedades, con la excepción del ciclo de caña planta donde esta no difiere ($p<0,05$) de la C97-366. Este último genotipo no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) con relación al testigo en las cepas de primer y tercer retoño. Sin embargo, en el segundo retoño si difiere estadísticamente ($p<0,05$) del mismo (Figura 3.4).

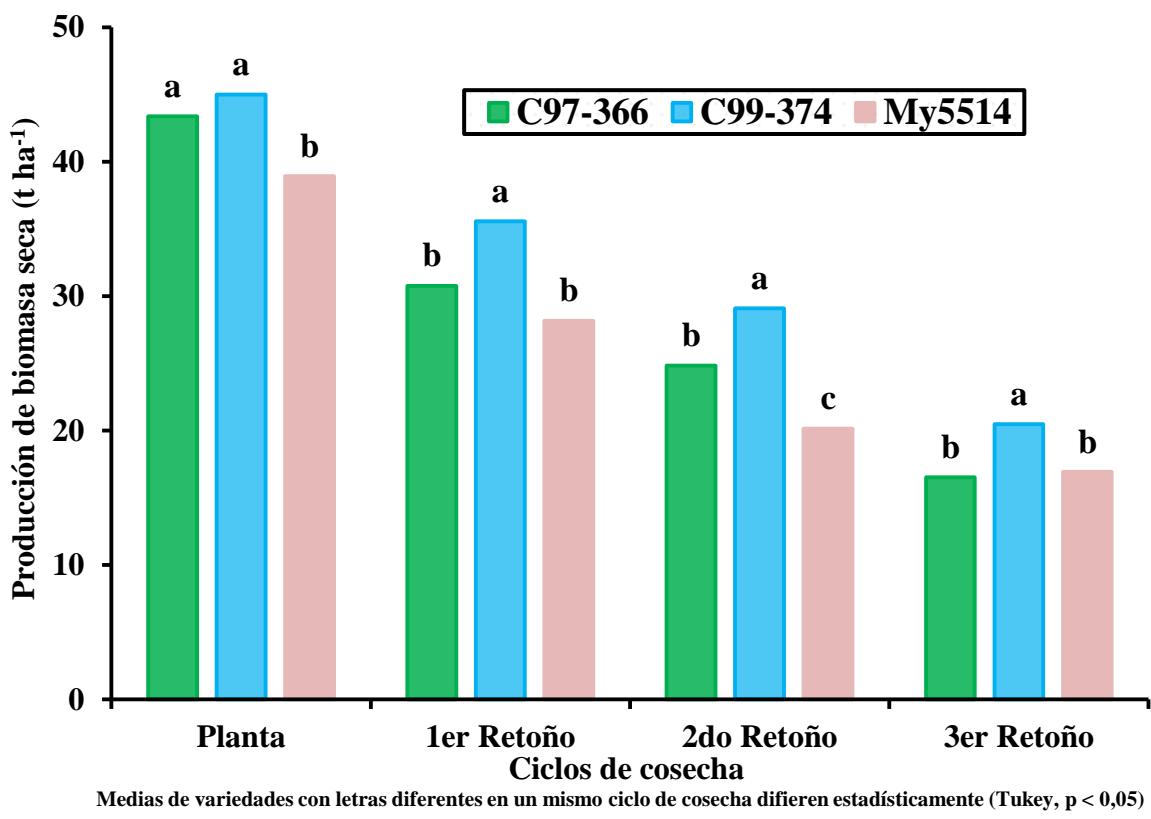


Figura 3.4. Producción de biomasa seca de las variedades por ciclos de cosecha.

Similar a la PBV, las tres variedades mostraron una disminución de la PBS en la medida que se incrementó el número de cosechas. Estos resultados se presumen que están ocasionados en gran medida a la baja capacidad agroproductiva del suelo donde se desarrolló el estudio y al déficit hídrico presente en los últimos meses previos a la cosecha en cada ciclo (Anexo 7).

Cruz *et al.* (2014), en ensayos experimentales para la selección de variedades de caña de azúcar para la alimentación animal, observaron potencial de PBS entre 30 y 60 t ha⁻¹ año⁻¹. Los resultados alcanzados por las dos variedades forrajeras y el testigo en este estudio se encuentran dentro del rango reportado por estos autores citados anteriormente.

Valores inferiores de PBS a los obtenidos en este estudio fueron publicados por Bonomo *et al.* (2009), con 24,59 t ha⁻¹ en la variedad RB83-5486. Caione *et al.* (2011), obtuvieron como valor medio 21,8 t ha⁻¹ en la variedad de caña de azúcar forrajera IAC86-240. Reis *et al.* (2019), en siete variedades de caña de azúcar obtuvieron un valor promedio de PBS de 29,89 t ha⁻¹. También Santos (2015), en tres variedades de caña de azúcar, durante los ciclos de cosecha de caña planta y primer retoño obtuvieron valores medios de PBS de 39,66 y 29,89 t ha⁻¹.

Resultados inferiores a los alcanzados en este estudio fueron obtenidos en Cuba por Franco (1981); Molina *et al.* (1995); Milanés *et al.* (1997) y Molina *et al.* (2000), al publicar valores entre 20,40 y 33,21 t ha⁻¹ año⁻¹ de PBS. También fueron publicados por Fernández *et al.* (2021), resultados inferiores al alcanzar 22,88 t ha⁻¹ de PBS promedio durante cuatro ciclos de cosecha. Por su parte, Hermida *et al.* (2018), evaluaron la variedad forrajera C99-374 en diferentes condiciones edafoclimáticas a la zona donde se desarrolló este estudio y alcanzó 31,61 t ha⁻¹ año⁻¹ de PBS en el ciclo de caña planta, también resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación.

Con base en la literatura (Franco, 1981; Molina *et al.*, 1995; Milanés *et al.*, 1997; Molina *et al.*, 2000; Bonomo *et al.*, 2009; Caione *et al.*, 2011; Leyva, 2012; Cruz *et al.*, 2014; Santos, 2015; Hermida *et al.*, 2018; Reis *et al.*, 2019; Fernández *et al.*, 2021) y en los resultados de este trabajo se puede afirmar, que las dos variedades forrajeras C99-374 y C97-366 poseen una buena capacidad de rebrote y persistencia al corte al manifestar valores de producción de biomasa promedio de los cuatro ciclos de 104,42 y 85,38 t ha⁻¹ de PBV y 32,53 y 28,88 t ha⁻¹ de PBS, respectivamente.

Valores que superaron a la variedad testigo My5514 que alcanzó 83,65 t ha⁻¹ de biomasa verde y 26,04 t ha⁻¹ de biomasa seca.

3.3.2.2 Composición morfológica

La composición morfológica de las tres variedades fue muy similar en los cuatro ciclos de cosecha (Figura 3.5). La fracción del tallo osciló con valores medios por ciclos entre 76,54 y 79,41 %, respectivamente. Se destacó la variedad My5514 al alcanzar valores superiores al 80 % en todos los ciclos, resultados que difieren estadísticamente ($p<0,05$) con relación a las variedades forrajeras, con la excepción de la cepa de caña planta donde la C99-374 no difiere de la misma. Estos resultados ratifican el fin para el cual fue recomendado este genotipo (producción de azúcar), donde el tallo es el principal órgano encargado de almacenar sacarosa. Es preciso señalar que la composición de esta fracción depende de la variedad, edad, ciclo vegetativo, localidad, manejo tecnológico, entre otros aspectos (Lagos y Castro, 2019).

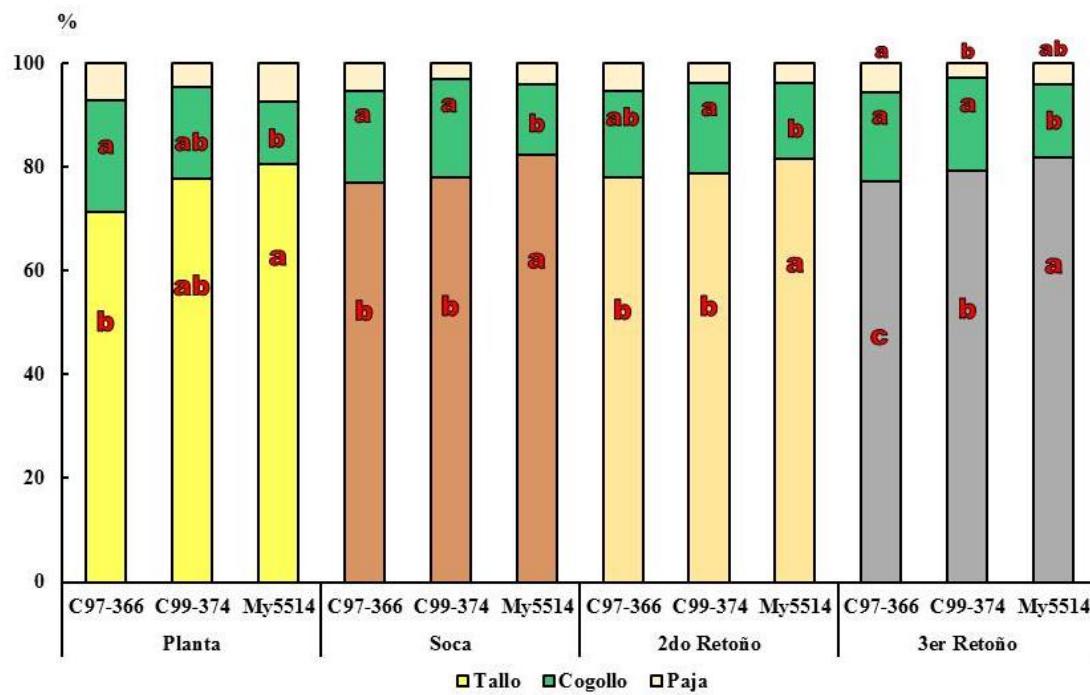


Figura 3.5. Composición morfológica de las variedades por ciclos de cosecha.

Con relación a la fracción del cogollo, se obtuvieron valores medios por ciclos de cosecha que oscilaron entre 16,23 y 17,08 %, respectivamente. Las variedades forrajeras alcanzaron los mayores porcentajes de esta fracción en el estudio. En caña planta el genotipo C97-366 no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) con respecto al C99-374, este a su vez tampoco difiere ($p<0,05$) del My5514. En los tres restantes ciclos la variedad forrajera C99-374 alcanzó los mayores porcentajes de esta fracción, valores que no difieren estadísticamente de la C97-366, pero sí de la testigo My5514, variedad que a su vez no difiere ($p<0,05$) en la cepa de segundo retoño de la C97-366.

En Cuba, Stuart (2002), evaluó la influencia de la proporción cogollo (puntas) y tallo en la composición y digestibilidad *in situ* de variedades comerciales de caña de azúcar, y como resultado comprobó que aquellas con más cogollo no necesariamente son menos digestibles, aun teniendo menor proporción de tallos (vale decir azúcar). Por tanto, este autor propuso estas variedades para la alimentación del ganado por ser el cogollo (puntas) de la caña de azúcar un elemento deseable en la ración de los animales por su aporte de nitrógeno, vitaminas y fibras largas que estimulan la rumia. Resultados que reafirman las potencialidades de las variedades C99-374 y C97-366 seleccionadas para alimentar rumiantes en relación a la testigo My5514.

También Molina (1990), destacó la gran importancia de la composición morfológica de la caña de azúcar como criterio para la alimentación animal. Al respecto, señaló que la capacidad forrajera de este cultivo está determinada por el porcentaje que representa cada una de las fracciones (tallos, hoja y paja) en la planta, resaltando en importancia aquellas cuyo contenido de hojas sea mayor, aun cuando su capacidad de producción de azúcar no sea la mejor, pero indudablemente influirá también en la cantidad de biomasa producida por unidad de superficie, pues a mayor producción total, mayor será el forraje disponible por los animales.

Las variedades en la fracción que representa la paja mostraron valores medios por ciclos de cosecha que oscilaron entre 4,11 y 6,38 %. Solo se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) en la cepa de tercer retoño, en la cual la variedad C97-366 manifestó el mayor porcentaje de esta fracción, valor que no difiere estadísticamente de la My5514, pero sí de la C99-374, que a su vez no difiere del testigo. Fernández *et al.* (2019), informaron que el porcentaje en peso que representa la fracción paja depende en gran medida de la capacidad que tenga la planta de auto despaje. Es decir, que las hojas senescentes se desprendan con facilidad del tallo de forma natural. Característica propia de las variedades C99-374 y My5514 que coinciden con lo divulgado por Bernal *et al.* (1997) y el INICA (2019); en la variedad C97-366 el despaje fue regular (INICA, 2019).

De forma general, los resultados alcanzados en la composición morfológica de las variedades de caña de azúcar evaluadas son similares a los publicados por Franco (1981); Chaves (2008); Leyva (2012); Suárez *et al.* (2018) y Fernández *et al.* (2019), donde el porcentaje en peso de la fracción tallo oscila entre 70 y 80 %, el cogollo entre 10 y 20 % y valores promedios de la fracción paja inferiores al 10 % en peso con relación a la biomasa aérea total de la planta en variedades de caña de azúcar con edades de 12 a 14 meses.

Por su parte, López *et al.* (2003), en un estudio realizado en México, publicaron valores de la composición morfológica de ocho variedades de caña de azúcar que difieren de los valores obtenidos en este estudio. Estos autores, anteriormente citados, obtuvieron un valor medio del porcentaje en peso de la fracción tallo de 68,31 %, 14,60 % de cogollo y muy significativa fue la fracción paja al alcanzar un valor medio de 17,09 % en peso del total de la biomasa aérea de la planta. Resultados que reafirman la capacidad de las variedades de caña de azúcar que se explotan en Cuba, de mostrar la calidad de auto despaje (Suárez *et al.*, 2018).

3.3.2.3 Concentración de clorofila total (a + b) en hojas

La concentración de clorofila total en hojas manifestó diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre variedades en todas las edades de rebrote evaluadas (Figura 3.6). La variedad C97-366 a los seis meses alcanzó el mayor valor de clorofila total. A los ocho meses no mostró diferencias estadísticamente significativas con la variedad C99-374, pero ambos sí con el testigo My5514. A los 12 meses no difieren estadísticamente las variedades C99-374 y My5514, esta última no mostró diferencias estadísticamente significativas con la variedad C97-366, la que también manifestó durante el estudio una disminución con el aumento de la edad de rebrote.

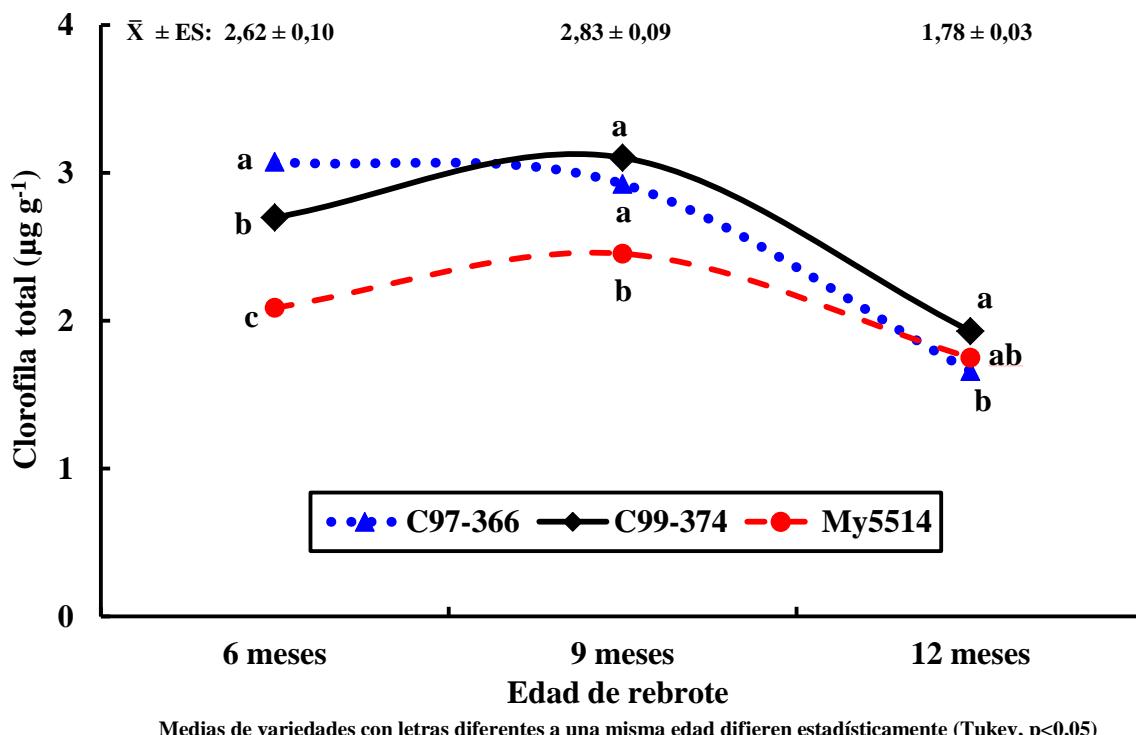


Figura 3.6. Contenido de clorofila total en hojas por variedad según edad de rebrote.

A las edades de seis y nueve meses de rebrote las variedades C97-366 y C99-374 manifestaron los mayores valores ($p<0,05$). Lo que demuestra la alta eficiencia de estos genotipos para producir biomasa, afirmación que corrobora lo afirmado por otros autores referente a la relación existente entre el contenido de clorofila y la producción de biomasa (Álvarez *et al.*, 2018). También varios

estudios confirman la correlación positiva entre el contenido de clorofila y la proteína bruta en hojas de gramíneas (Silva *et al.*, 2009; Rincón y Ligarreto, 2010; Guimarães *et al.*, 2011; Rincón *et al.*, 2019).

En el estudio las variedades manifestaron disminución de la concentración de los pigmentos clorofílicos totales en las hojas de la planta en la última edad de rebrote. Este comportamiento pudiera estar ocasionado porque al aumentar la edad del cultivo disminuye el número de hojas activas y aumenta la senescencia de las mismas. Aunque en el estudio es muy importante aclarar que las condiciones climáticas, principalmente el volumen y distribución de las precipitaciones no fue favorable para el cultivo, el cual estuvo sometido a estrés hídrico en la medida que aumentó su edad vegetativa (Anexo 7).

Se encontraron informes referentes a que la pérdida o disminución de pigmentos fotosintéticos pudiera marcar el inicio de la senescencia (Verma *et al.*, 2020), que también demuestran que en la caña de azúcar la disminución del contenido de agua en el suelo está asociada con la progresiva disminución de la biosíntesis de pigmentos fotosintéticos. El mismo autor refiere que la reducción de la clorofila pudiera ser debido a la formación de enzimas proteolíticas, ejemplo clorofilasa, la cual es responsable de la degradación de pigmentos, así como daños al aparato fotosintético.

3.4. Conclusiones parciales

- Las variedades C97-366 y My5514 mostraron mayor dependencia del ambiente en su respuesta productiva mientras que la C99-374 manifestó la mayor estabilidad fenotípica en términos de producción de biomasa verde y seca en las diferentes zonas ganaderas de la provincia.
- Las variedades C99-374 y C97-366 mostraron mejor comportamiento de los caracteres forrajeros: producción de biomasa verde y seca, capacidad de rebrote, composición morfológica y contenido de clorofila en hojas en comparación con la My5514.

Capítulo IV.

*Indicadores del valor nutritivo de
las variedades de caña de azúcar*

CAPÍTULO IV. INDICADORES DEL VALOR NUTRITIVO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR

4.1 Introducción

La calidad de los forrajes está estrechamente vinculada a las características químicas, producción de materia seca y a la digestibilidad, este último concepto expresa el nivel de utilización que se hace de las propiedades alimentarias de cualquier tipo de alimento (Ruiz *et al.*, 2009).

La composición química de la caña de azúcar es uno de los elementos más importantes que influye en su valor nutritivo, donde el consumo voluntario constituye el criterio más preciso del mismo, por presentar este cultivo limitantes fisiológicas-nutritivas fundamentales como bajo contenido de proteína, lenta degradación de la fibra, mayor tiempo de rumia, lenta velocidad de pasaje (Timana *et al.*, 2017; Molavian *et al.*, 2020; Araújo *et al.*, 2021; Reyes *et al.*, 2021), aspectos que le confieren gran importancia al estudio de este indicador para la introducción de variedades seleccionadas para producir forraje que permitan mejorar la productividad y rentabilidad en los sistemas de producción de carne y leche bovina en Cuba.

Los objetivos de este capítulo fueron:

- Comparar el comportamiento de indicadores del valor nutritivo *in vitro* entre variedades y con la variedad forrajera My5514.
- Determinar la aceptabilidad por ovinos de las variedades de caña de azúcar a los 11 meses de edad.

4.2 Materiales y métodos

4.2.1 Colección de muestras de forraje

En la localidad de la ETICA se colecciónaron las muestras para determinar la composición química y valor nutritivo *in vitro* en el ciclo de cosecha de caña planta. Se realizaron cortes a los seis, ocho y

11 meses de edad. Los mismos se ejecutaron con la ayuda de un machete, efectuándose a ras de suelo.

4.2.2 Manejo y procesamiento de las muestras

Por réplica se tomaron tres muestras representativas del tallo, cogollo e integral (tallos + cogollo) de 1 ($\pm 0,4$) kg de peso aproximadamente por variedad en cada una de las edades evaluadas. En la fracción tallo, cada muestra estaba constituida por tres trozos de 10 a 12 cm, los cuales pertenecían a la región localizada en los primeros tres entrenudos de la parte basal y apical y los que pertenecían a la parte media del tallo. Las muestras de la fracción del cogollo se tomaron a partir del corte efectuado en el último *dewlap* visible del tallo, el cual se troceó y homogeneizó para posteriormente tomar el peso necesario. El forraje integral se tomó de la planta entera, se tuvo en cuenta el porcentaje que representaba el tallo y cogollo para que la muestra estuviese en las mismas proporciones que se encontraba en su medio natural. Todas las muestras de cada fracción obtenidas se procesaron de forma independiente, colocándose en bolsas de nailon para su traslado inmediato al laboratorio.

Una vez allí fueron secadas a 65ºC en estufa con circulación forzada de aire por 48 horas (AOAC, 2019) y molidas en molino de martillos hasta pasar por un tamiz de 1 mm para análisis posteriores. Todas se preservaron adecuadamente hasta su análisis en frascos de vidrio de boca ancha y tapa esmerilada.

4.2.3 Determinación de la composición química

En las fracciones: tallo, cogollo e integral se determinaron los contenidos de PB (N x 6,25), P, K y cenizas a los seis, ocho y 11 meses de edad (A.O.A.C, 2019). Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio Territorial de Nutrición y Suelos de la UEB INICA Santiago de Cuba.

4.2.4 Determinación del rendimiento de nutrientes

Con la determinación de la composición química por fracción de la planta a los 11 meses de edad y con los valores de PBV y PBS obtenidos en la localidad de la ETICA y discutidos en el capítulo anterior se determinó el rendimiento de nutrientes por unidad de superficie ($t ha^{-1}$) que aporta cada variedad por fracción en la cepa de caña planta.

4.2.5 Determinación de la digestibilidad *in vitro*

La determinación de la digestibilidad se realizó por el método de producción de gas *in vitro* acorde con Menke y Steingass (1988), en el Laboratorio de Control Agroambiental (LABCA), perteneciente al Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA), de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, municipio Camagüey, Cuba. Se utilizó como inóculo heces bovinas recién depuestas, disueltas en medio mineral amortiguado (m.m.a) en proporción heces-m.m.a (1: 3) y el m.m.a se preparó como describen Martínez *et al.* (2005). En todos los experimentos se pesaron 300 mg de las muestras secas y se colocaron en jeringuillas de cristal calibradas de 100 ml de capacidad (FORTUNA®, Häberle Labortechnik. Alemania), previamente calentadas a 39 °C y con sus pistones lubricados con vaselina de petróleo.

A cada jeringuilla se le añadió aproximadamente 30 (± 1) ml de la mezcla inóculo-buffer y se colocaron en un baño de agua a 39 ($\pm 0,5$) °C, en posición vertical y parcialmente sumergidas en el agua, se agitaron cuidadosamente al momento de colocarlas y al realizar las lecturas de su volumen a las 3, 6, 24, 48, 72 y 96 horas de incubación. Se realizaron tres corridas, las que correspondieron con la fracción de caña integral de cada variedad a las edades de seis, ocho y 11 meses. En cada corrida se colocaban tres jeringuillas solo con la solución inóculo-buffer, que servían como blanco para corregir la producción de gas por esta solución y tres jeringuillas que contenían 300 mg de hierba de Guinea (*Panicum maximum*) seca y molida como estándar para corregir las diferencias

entre corridas. La muestra patrón de hierba Guinea fue obtenida como describen Martínez *et al.* (2005).

Los valores de la velocidad de producción de gas (c) y la fase *lag* se determinaron, con la ayuda del programa Microsoft Excel® 2010. Para el empleo del Solver y la determinación de la fase *lag* se siguieron las recomendaciones de Correa (2004); el criterio para la determinación del tiempo correspondiente a la fase *lag* (L) se expone a continuación:

$$\text{Para } t < L \quad V = 0$$

$$\text{Para } t \geq L \quad V = b * (1 - \exp(-c * (t - L)))$$

donde:

V - Volumen acumulado en ml/300 mg de muestra seca.

t - Tiempo en horas.

b - Volumen cuando $t \rightarrow \infty$.

c – Velocidad específica de crecimiento de volumen de gas en la fase exponencial.

4.2.6 Procesamiento estadístico

Se compararon las medias de los indicadores del valor nutritivo entre variedades en cada una de las fracciones de la planta por edades mediante análisis de varianza simple, y sus diferencias por la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.7 Aceptabilidad animal

Para determinar la aceptabilidad se efectuaron ocho pruebas de cafetería en días diferentes en el horario de 8:30 am a 9:30 am, se siguieron los procedimientos descritos por Estévez *et al.* (2001), para ellas fueron seleccionados 20 ovinos machos en ceba sin castrar de 25 (± 8) kg de PV de raza Pelibuey, los cuales se alimentaban solo de pasto natural. Las evaluaciones se efectuaron en una nave semirústica de piso de tierra, paredes de malla *peerless* y techo de guano, con unas

dimensiones de 12 m de largo y cuatro m de ancho, para un área de 48 m². A los animales se les ofreció una porción troceada (con machete) en pequeñas partículas del forraje integral de cada variedad (hojas, cogollo y tallo), para un peso en cada caso de 8 (± 1) kg, se suministraron de forma separada encima de una manta y los animales tuvieron acceso a las mismas durante cinco minutos, en este tiempo se contabilizó el número de ovinos que consumieron del forraje verde en cada una de las variantes, concluido este tiempo los animales se retiraron durante un minuto y luego se repitió el procedimiento cuatro veces más cambiando la ubicación de las mismas para un total de 30 minutos de duración cada prueba.

Para determinar el consumo, durante la prueba, se recogieron y pesaron los restos de alimento de cada porción y de este modo se calculó el total medio consumido por animal. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{ACA} = \frac{\text{PPO} - \text{PPF}}{\text{NAC}}$$

Donde:

ACA: alimento consumido por animal en cada prueba (kg).

PPO: peso de la porción ofertada al inicio de la prueba.

PPF: peso de la porción al final de la prueba.

NAC: número de animales que consumieron durante la prueba.

4.2.7.1 Procesamiento estadístico

Los valores de porcentaje de aceptabilidad fueron transformados por la función 2arcosen $\sqrt{\%}$. Se determinaron las medias y errores estándar según cada caso. Se realizaron análisis de varianza (ANAVA) simple.

4.3 Resultados y discusión

4.3.1 Influencia de la edad y fracción de la planta en indicadores de su composición química

Los valores de MS en el cogollo, tallo y de forma integral de las tres variedades no difieren estadísticamente ($p<0,05$) en ninguna de las edades evaluadas. Los mayores valores de MS se alcanzaron en las fracciones del tallo y las menores en el cogollo (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Comportamiento de la MS (%) según fracción de la planta y edad.

Variedades	Fracciones								
	Tallo			Cogollo			Integral		
	Edad (meses)								
6	8	11	6	8	11	6	8	11	
C97-366	28,5	31,1	34,7	22,5	23,6	23,8	24,1	26,4	30,5
C99-374	29,5	32,1	35,5	23,5	24,1	24,9	24,8	27,9	32,0
My5514	29,2	31,8	35,3	23,7	23,9	24,6	25,3	27,6	31,3
X̄	29,1	31,7	35,2	23,2	23,9	24,4	24,8	27,3	31,3
EE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

n. s: no significativo (Tukey, $p<0,05$)

Los valores de MS del forraje integral se encuentran dentro del rango publicado por varios autores a nivel mundial (Franco, 1981; Pate, 2002; López *et al.*, 2004; Urdaneta, 2005; Mello *et al.*, 2006; Fundora *et al.*, 2007; Torres *et al.*, 2007; Anjos *et al.*, 2008; Fernández *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2009; Rezende *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2012; Voltolini *et al.*, 2012; Cruz *et al.*, 2014; Domingues *et al.*, 2014; Fernández *et al.*, 2018; Heuzé *et al.*, 2018; Lagos y Castro, 2019; Martín, 2021), estos oscilan entre 18,8 y 35,2 % en variedades de caña de azúcar evaluadas entre los seis y 12 meses de edad.

A pesar de no realizarse un análisis estadístico para evaluar la influencia de la edad en el contenido de MS por variedad, se observó un aumento de este indicador en cada una de las fracciones de la planta. Este comportamiento se pudiera atribuir al incremento de la pared celular vegetal con la edad, el cual puede estar relacionado con los cambios fisiológicos y anatómicos que ocurren al

envejecer la planta, lo que provoca la disminución de la proporción del contenido citoplasmático; se reduce el lumen celular con sus componentes solubles y se incrementan los compuestos fibrosos (Herrera y Ramos, 2015). Esto se acentúa mucho más al incrementarse el rendimiento, debido al balance hídrico de la planta y cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, entre otros factores (Méndez *et al.*, 2018).

Aunque pudieran influir otras causas tales como: la disponibilidad de agua, el desarrollo del sistema radicular de la planta y la época del año, entre otros. Además, se reconocen cambios morfológicos que se producen en las plantas con la edad, tales como disminución de las láminas foliares y aumento de los haces vasculares (Mari *et al.*, 2004) que pueden provocar el incremento de este indicador en el forraje.

Resultados similares fueron obtenidos por Pate (2002), al evaluar el valor nutritivo de 66 variedades comerciales de caña de azúcar en el Sur de la Florida. En Cuba, Valladares *et al.* (2009), informaron un incremento de la MS en tres variedades comerciales con la edad, estos autores informaron que el período enmarcado entre los ocho y 16 meses se destaca como el de mayor tasa de acumulación de asimilados.

Estos resultados son de gran importancia por lo que representa este indicador de la composición bromatológica para la nutrición animal. En la medida que un alimento posea mayor cantidad de MS, se dispondrá de mayor cantidad de nutrientes por unidad de superficie, lo que permite que los sistemas de producción animal sean más productivos y eficientes.

Los valores de cenizas en el cogollo, tallo y de forma integral en las tres edades difieren estadísticamente ($p<0,05$) entre variedades. Los mayores valores de este indicador se alcanzaron en la fracción del cogollo y los menores en el tallo (Tabla 4.2). Resultados que pueden ser atribuidos a que la planta en la medida que aumenta en edad necesita hacer uso de todos los fotoasimilados que

ha elaborado en cada una de sus fases vegetativas, los cuales se hacen cada vez más escasos en el decursar del tiempo por la exigencia de los mismos principalmente en las etapas correspondientes con el auge de crecimiento y la maduración del cultivo. Por lo que son translocados a la porción del cogollo, lugar donde ocurren los principales procesos fisiológicos de la planta (Moore y Botha, 2014).

Tabla 4.2. Comportamiento de las cenizas (% MS) según fracción de la planta y edad.

Variedades	Fracciones								
	Tallo			Cogollo			Integral		
	Edad (meses)								
6	8	11	6	8	11	6	8	11	
C97-366	5,4 ^c	3,2 ^b	2,5 ^b	6,7 ^c	5,7 ^a	9,3 ^b	5,7 ^c	5,5 ^a	3,6 ^c
C99-374	7,0 ^a	5,3 ^a	2,8 ^b	7,6 ^a	4,9 ^b	9,2 ^b	7,4 ^a	5,6 ^a	4,6 ^a
My5514	6,3 ^b	3,6 ^b	2,9 ^a	7,1 ^b	4,9 ^b	10,8 ^a	6,1 ^b	5,0 ^b	4,3 ^b
XX	6,3	4,1	2,7	7,1	5,1	9,8	6,4	5,4	4,2
EE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

^{a, b, c} Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey, p<0,05)

La variedad C99-374 alcanzó los mayores valores de cenizas (p<0,05) en el tallo a los seis y ocho meses de edad. A los 11 meses la variedad My5514 mostró el mayor valor medio (p<0,05) de este indicador (Tabla 4. 2). Resultado inferior al alcanzado en este estudio (2,7 %) para esta fracción fueron obtenidos en Japón por Kawashima *et al.* (2002), al publicar 1,3 % de cenizas (11 meses) en la variedad Phil.66-07.

En la fracción del cogollo también se destacó la variedad C99-374 al alcanzar los mayores valores (p<0,05) a la edad de seis meses. Sin embargo, en las restantes edades evaluadas se destacan las variedades C97-366 y My5514 con el mayor contenido de cenizas (p<0,05) a los ocho y 11 meses de edad, respectivamente (Tabla 4.2). Resultados inferiores a los obtenidos en este estudio (9,8 %) para esta fracción fueron publicados por Kumar *et al.* (2012), al evaluar 28 clones de caña de azúcar en La India y obtener un valor medio de 8,32 % de cenizas en el cogollo.

En la planta evaluada de forma integral la variedad C99-374 alcanzó los mayores valores de cenizas ($p<0,05$) a los seis, ocho y 11 meses de edad, respectivamente. A los ocho meses esta variedad no manifestó diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) con la C97-366 (Tabla 4.2). Resultados inferiores a la media obtenida en este estudio (4,2 %) para esta fracción fueron publicados por Franco (1981); Anjos *et al.* (2008); Santos *et al.* (2012) y Cruz *et al.* (2014), al obtener valores medios de 3,8; 2,6; 3,0 y 2,8 %, respectivamente, al evaluar variedades de caña de azúcar en Cuba y Brasil a los 11 meses de edad. Por su parte, López *et al.* (2004); Urdaneta (2010) y Suárez *et al.* (2018), publicaron valores de 6,2; 5,7 y 5,1 %, respectivamente, superiores al valor medio (4,2 %) alcanzado en este estudio.

De manera general los resultados obtenidos por fracción de la planta y en las tres edades evaluadas se encuentran dentro del rango de 3,3-12,2 % de cenizas publicado por Heuzé *et al.* (2018), como resultado de una recopilación de bibliografía relacionada con la composición química de la caña de azúcar.

Las diferencias que se pudieron comprobar en el estudio con relación al contenido de cenizas por fracciones de la planta comparadas con las publicadas por varios autores (Franco, 1981; Kawashima *et al.*, 2002; López *et al.*, 2004; Anjos *et al.*, 2008; Urdaneta, 2010; Kumar *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2012; Cruz *et al.*, 2014; Suárez *et al.*, 2018) en Cuba y el mundo se pueden atribuir a las diversas condiciones edafoclimáticas donde se desarrollaron los estudios y a las características genéticas de los genotipos evaluados, donde la capacidad de cada variedad para extraer los nutrientes disponibles en el suelo va a marcar en gran medida las diferencias obtenidas.

Méndez *et al.* (2018), señalaron que la ceniza (minerales) se puede considerar como un indicador de importancia al facilitar una idea sobre la capacidad de absorción de minerales del suelo, así como su contenido en la planta. Estos son imprescindibles para el organismo, ya que constituyen parte

integrante de ciertas sustancias orgánicas importantes (hormonas, enzimas y otras proteínas activas).

Por lo tanto, pertenecen al grupo de factores indispensables de la alimentación (García *et al.*, 2016).

Los valores de PB en el cogollo, tallo y de forma integral en las tres edades difieren estadísticamente ($p<0,05$) entre variedades. Los mayores valores de este indicador se alcanzaron en la fracción del cogollo y los menores en el tallo (Tabla 4.3). Resultado que se puede atribuir a que esta fracción de la planta está constituida en su gran mayoría por hojas, principal órgano de la planta encargado de realizar la fotosíntesis, proceso en el cual se sintetizan todos los compuestos químicos necesarios (carbohidratos, proteínas, etc.) para en la medida que sean necesitados ser transportados a todas las restantes partes de la planta para realizar sus procesos fisiológicos. Al respecto, Carvalho *et al.* (2010), publicaron que el mayor contenido de PB de la caña de azúcar se encuentra en las hojas.

Tabla 4.3. Comportamiento de la PB (% MS) según fracción de la planta y edad.

Variedades	Fracciones								
	Tallo			Cogollo			Integral		
	Edad (meses)								
	6	8	11	6	8	11	6	8	11
C97-366	2,9 ^b	2,6 ^b	1,4 ^b	3,3 ^b	2,2 ^b	5,2 ^a	3,2 ^b	3,3 ^b	2,5 ^b
C99-374	3,4 ^a	3,2 ^a	1,8 ^a	3,6 ^a	2,9 ^a	4,8 ^b	3,4 ^a	3,7 ^a	2,8 ^a
My5514	2,8 ^c	2,5 ^b	1,2 ^c	3,1 ^c	3,0 ^a	3,6 ^c	2,9 ^c	3,1 ^c	2,8 ^a
EE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
EE	3,1	2,8	1,5	3,3	2,7	4,5	3,2	3,4	2,7
EE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

^{a, b, c} Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey, $p<0,05$)

Por tanto, se hace necesario para recomendar una variedad con fines forrajeros que se considere esta fracción de la planta (cogollo) por los beneficios que aporta desde el punto de vista nutricional y fisiológico en los rumiantes, al estar constituida por un mayor contenido de PB y nutrientes; así como fibras largas de alta calidad biológica en relación al tallo, criterios que estimulan el proceso de la rumia y la secreción de saliva para mantener el pH del rumen (6,2-6,9) que favorece el desarrollo de bacterias celulolíticas que son las encargadas de producir energía (AGV) y proteína microbiana

de alto valor biológico para los procesos fisiológicos del animal (Martín, 2004; Rodríguez, 2009; Fernández *et al.*, 2019).

La variedad C99-374 mostró el mayor valor medio de PB ($p<0,05$) en la fracción del cogollo a los seis meses de edad. La My5514 a los ocho meses alcanzó el mayor valor medio de este indicador ($p<0,05$), el cual no manifestó diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) con respecto a la variedad C99-374. A los 11 meses la variedad C97-366 mostró el mayor valor medio ($p<0,05$) en el estudio (Tabla 4.3). Carvalho *et al.* (2010), evaluaron en Brasil siete clones y dos variedades comerciales de caña de azúcar y como resultado publicaron valores cercanos (4,4 %) a los obtenidos en este estudio para esta fracción (4,5 %).

En la fracción del tallo la variedad C99-374 alcanzó los mayores valores de PB ($p<0,05$) a los seis, ocho y 11 meses de edad. Resultados similares mostró esta variedad en el forraje integral, con la excepción que a los 11 meses no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) con respecto a la My5514 (Tabla 4.3). Rodrigues *et al.* (1997) y Carvalho *et al.* (2010), en Brasil, publicaron valores cercanos (1,4 y 1,6 %) a los obtenidos en este estudio para la fracción del tallo (1,5 %), estos a su vez son inferiores a los informados por Kawashima *et al.* (2002), que obtuvieron valores de 2,3 % de PB.

En estudios realizados en Brasil y Japón por Kawashima *et al.* (2002); Andrade *et al.* (2004); Santos *et al.* (2012) y Cruz *et al.* (2014), en el forraje integral obtuvieron valores de PB que oscilaron entre 2,3 y 2,6 % a los 11 meses de edad, los cuales son cercanos a los obtenidos en este estudio (2,7 %). Por su parte, Franco (1981) y Bonomo *et al.* (2009), publicaron valores superiores (3,7 y 3,8 %) a los alcanzados por las variedades en estudio.

Las tres variedades alcanzan valores de PB que se encuentran dentro de los rangos publicados por Heuzé *et al.* (2018); Lagos y Castro (2019) y Martín (2021), los que comunicaron de 1,5-5,4; 1,1-9,1 y 1,1-5,4 % entre las edades de seis a 12 meses, respectivamente.

A pesar de no realizarse un análisis estadístico para evaluar la influencia de la edad en el contenido de PB por variedad, se observó una disminución numérica de este indicador en el forraje integral. Este comportamiento se pudiera atribuir a la disminución de la tasa de asimilación neta y de la duración del área foliar efectiva (Fortes *et al.*, 2012); así como a factores climáticos (Ramírez *et al.*, 2014b), principalmente el régimen pluviométrico que tiene una influencia marcada en los procesos de fotosíntesis y senescencia de las hojas con la edad de la planta (Moore y Botha, 2014). En estudios realizados por Rodrigues *et al.* (1997); Carvalho *et al.* (2010); Bastidas *et al.* (2010) y Kumar *et al.* (2012), se evidenciaron la disminución de la PB con la edad de la planta.

Los valores de PB obtenidos en el estudio se pueden considerar bajos, pero son característicos de este cultivo, razones que condicionan que la caña de azúcar por sí sola no constituya un alimento para rumiantes, por tanto, necesita ser suplementada con otros alimentos para suplir sus deficiencias (Preston, 1989; Martín, 2004; Galindo *et al.*, 2006; Ruiz, 2012, Lagos y Castro, 2019; Martín, 2021).

Los valores de P en el cogollo, tallo y de forma integral de las tres variedades no difieren estadísticamente ($p<0,05$) en ninguna de las edades evaluadas (Tabla 4.4). Desde el punto de vista nutritivo se puede afirmar que los valores de P obtenidos son bajos, pero si se considera que la caña de azúcar constituye un alimento con bajo contenido de este nutriente y al compararlo con los obtenidos por varios autores (0,09 y 0,14 %), citados por Lagos y Castro (2019) se pueden catalogar de aceptables.

Por su parte, Heuzé *et al.* (2018), publicaron valores de P que oscilan entre 0,06 y 0,30 % de MS, como resultado de una recopilación de bibliografía relacionada con la composición química de la caña de azúcar. Los valores de P obtenidos en el estudio se encuentran dentro de este rango publicado por los autores citados anteriormente.

Tabla 4.4. Comportamiento del P (% MS) según fracción de la planta y edad.

Variedades	Fracciones								
	Tallo			Cogollo			Integral		
	Edad (meses)								
	6	8	11	6	8	11	6	8	11
C97-366	0,22	0,18	0,16	0,15	0,15	0,21	0,18	0,18	0,16
C99-374	0,24	0,22	0,16	0,16	0,15	0,18	0,18	0,15	0,16
My5514	0,27	0,15	0,16	0,16	0,14	0,23	0,15	0,20	0,18
̄X	0,24	0,18	0,16	0,16	0,15	0,21	0,17	0,18	0,17
EE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

n. s: no significativo (Tukey, p<0,05)

Se puede inferir que estos resultados se deben en gran medida a la fertilización de fondo que se realizó en el momento de la plantación de estas variedades con el portador superfosfato triple, el cual se depositó según los requerimientos del cultivo y las necesidades de este elemento en el suelo (SERFE, 1999).

Los valores de K en el cogollo, tallo y de forma integral en las tres edades difieren estadísticamente ($p<0,05$) entre variedades (Tabla 4.5). Los mayores valores de K ($p<0,05$) en la fracción del cogollo los alcanzó la variedad C99-374 en las tres edades, a los seis meses esta variedad no difiere estadísticamente ($p<0,05$) de la My5514. En la porción del tallo la variedad C99-374 alcanzó los mayores valores de K ($p<0,05$) a los seis y ocho meses de edad. A los 11 meses la variedad My5514 mostró el mayor valor ($p<0,05$) de este indicador (Tabla 4.5).

En la planta de forma integral la variedad C99-374 alcanzó los mayores valores de K ($p<0,05$) a los seis meses. A los ocho meses esta misma variedad alcanzó los mayores valores ($p<0,05$), resultado

que difiere estadísticamente de la C97-366 pero no de la My5514. Estos dos últimos genotipos citados alcanzaron los mayores valores ($p<0,05$) a los 11 meses de edad (Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Comportamiento del K (% MS) según fracción de la planta y edad.

Variedades	Fracciones								
	Tallo			Cogollo			Integral		
	Edad (meses)								
	6	8	11	6	8	11	6	8	11
C97-366	2,7 ^c	1,8 ^b	1,3 ^b	1,7 ^b	1,9 ^b	2,6 ^b	2,3 ^b	1,5 ^b	1,9 ^a
C99-374	3,6 ^a	2,8 ^a	1,3 ^b	2,4 ^a	2,1 ^a	3,0 ^a	2,9 ^a	2,5 ^a	1,7 ^b
My5514	3,2 ^b	1,9 ^b	1,4 ^a	2,3 ^a	1,5 ^c	2,5 ^b	2,0 ^c	2,4 ^a	1,9 ^a
̄X	3,1	2,2	1,3	2,1	1,8	2,7	2,4	2,13	1,9
EE	0,13	0,16	0,02	0,10	0,09	0,08	0,13	0,17	0,04

^{a, b, c} Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey, $p<0,05$)

Los resultados obtenidos en el estudio se encuentran dentro del rango de 1,0 y 4,1 % de la MS publicado por Heuzé *et al.* (2018). Por su parte, Anjos *et al.* (2008), publicaron valores de K entre 0,3 y 1,4 % de la MS en variedades brasileñas de caña de azúcar, inferiores a los alcanzados en este estudio.

El rendimiento de nutrientes por fracciones de la planta a los 11 meses de edad se puede observar en la Tabla 4.6. Las variedades C99-374 y C97-366 alcanzaron los mayores valores de rendimiento de MS del forraje integral ($p<0,05$) en el estudio, resultados que superan al testigo My5514. La variedad C99-374 también alcanzó los mayores valores medios de PB ($p<0,05$). No se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre variedades con relación al contenido de P. En cuanto al rendimiento de K la variedad C97-366 mostró los mayores valores medios ($p<0,05$) en el estudio.

En la fracción del tallo no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre variedades para el rendimiento de los indicadores MS y P. En el contenido de PB la variedad C99-374 alcanzó los mayores valores medios ($p<0,05$) en el estudio. Con relación al rendimiento de K los mayores valores medios ($p<0,05$) los mostraron las variedades C99-374 y My5514. Los

mayores valores ($p<0,05$) de MS, PB, P y K en la fracción del cogollo los alcanzó la variedad C97-366. Este genotipo no mostró diferencias estadísticamente significativas de rendimiento de K con relación a la variedad C99-374 (Tabla 4.6).

Tabla 4.6. Rendimiento de nutrientes por fracción de la planta a los 11 meses de edad.

Variedad	Integral ($t\ ha^{-1}$)			
	MS	PB	P	K
C97-366	43,38 ^a	1,08 ^b	0,07	0,84 ^a
C99-374	43,67 ^a	1,23 ^a	0,07	0,75 ^b
My5514	38,93 ^b	1,07 ^b	0,07	0,75 ^b
$\bar{X} \pm EE$	$41,99 \pm 0,94$	$1,13 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,001$	$0,78 \pm 0,01$
Variedad	Tallo ($t\ ha^{-1}$)			
	MS	PB	P	K
C97-366	30,77	0,44 ^b	0,05	0,39 ^b
C99-374	33,99	0,61 ^a	0,05	0,44 ^a
My5514	31,41	0,37 ^c	0,06	0,44 ^a
$\bar{X} \pm EE$	$32,06 \pm 0,64$	$0,48 \pm 0,03$	$0,05 \pm 0,001$	$0,42 \pm 0,008$
Variedad	Cogollo ($t\ ha^{-1}$)			
	MS	PB	P	K
C97-366	9,22 ^a	0,47 ^a	0,04 ^a	0,54 ^a
C99-374	7,67 ^b	0,37 ^b	0,03 ^b	0,53 ^a
My5514	4,81 ^c	0,17 ^c	0,03 ^b	0,31 ^b
$\bar{X} \pm EE$	$7,23 \pm 0,65$	$0,34 \pm 0,04$	$0,03 \pm 0,002$	$0,46 \pm 0,03$

a, b, c Letras diferentes en una misma columna en cada fracción indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey, $p<0,05$)

Estos resultados son similares a los publicados por Franco (1981), en un estudio realizado en la zona del Escambray donde evaluó el comportamiento forrajero de siete variedades de caña de azúcar en condiciones de secano.

Cabe señalar, que el rendimiento de nutrientes en las variedades de caña de azúcar para forraje se debe en gran medida a la producción de biomasa verde y seca que sea capaz de alcanzar un genotipo

determinado. Por las altas producciones de biomasa de este cultivo, es que se considera de gran utilidad como forraje para la alimentación de rumiantes, lo que reafirma lo informado por Rodríguez (2009), que es poco probable que los pastos y forrajes tradicionales, logren rendimientos superiores a 15 t de MS ha⁻¹, en condiciones de secano.

La variedad C97-366 se destacó al alcanzar los mayores valores de rendimiento de MS, PB, P y K en la fracción del cogollo, la cual es la de mayor aceptabilidad por el animal, al poseer un mejor valor nutritivo en comparación con las restantes partes de la planta (Martín, 2004; Rodríguez, 2009; Fernández *et al.*, 2019) por presentar fibras largas de alta calidad biológica que estimulan al incremento del consumo animal. Aunque es necesario destacar que de manera integral la C99-374 mostró valores de rendimiento muy similares a la variedad C97-366 para los indicadores evaluados.

Las variedades de caña de azúcar seleccionadas para producir forraje alcanzaron mayores rendimientos de nutrientes por unidad de superficie que el testigo My5514. Resultados que demuestran el potencial genético de ambas variedades, en concordancia con el fin que fueron seleccionadas.

4.3.2 Influencia de la variedad en la digestibilidad *in vitro* del forraje integral

En la Figura 4.1 se muestran gráficos de la producción de gas *in vitro*, para los tiempos 24, 48, 72 y 96 horas de iniciada la corrida de las muestras de caña integral de las tres variedades en estudio a las edades de seis, ocho y 11 meses, respectivamente.

A los seis meses de edad la variedad C97-366 manifestó el mayor valor de producción de gas *in vitro* ($p<0,05$) a las 24 h de incubación. A las 48, 72 y 96 h de incubación no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre variedades. Este comportamiento se presume que pudo estar ocasionado porque a esta edad no existen diferencias notables entre variedades desde el punto de vista morfológico y de composición química.

El mayor volumen de gas producido por la C97-366 a las 24 horas de incubación pudiera estar ocasionado a un mayor contenido de azúcares solubles, por ser un genotipo que, a pesar de no poseer un alto contenido azucarero se caracteriza por manifestar una maduración más precoz en comparación con las restantes variedades.

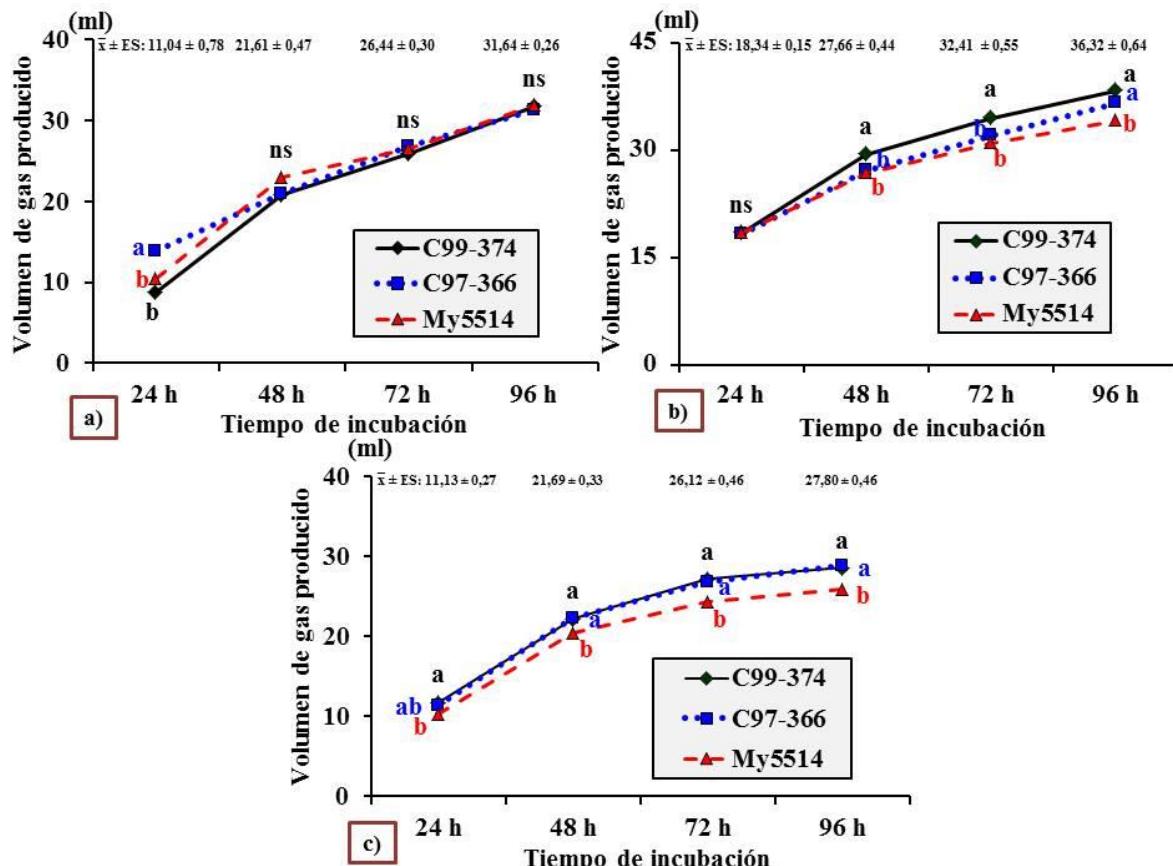
A los ocho meses de edad no se produjeron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre variedades a las 24 h de incubación. La variedad C99-374 mostró los mayores valores ($p<0,05$) de producción de gas *in vitro* a partir de las 48 y hasta las 96 h de incubación. La variedad C97-366 a las 96 h de incubación no difiere estadísticamente ($p<0,05$) de la C99-374.

Este comportamiento puede ser atribuido a la composición química, da manera específica al contenido y estructura de los carbohidratos, es decir al contenido de azúcares y digestibilidad de la fibra, que depende de su estructura y significación asociada a la edad (Valenciaga, 2007).

A los 11 meses de edad las variedades C99-374 y C97-366 alcanzaron los mayores valores de producción de gas *in vitro* ($p<0,05$) a las 24, 48, 72 y 96 h de iniciada la corrida. Solo la variedad C97-366 no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) con respecto al testigo My5514 a las 24 h de iniciada la corrida (Figura 4.1). Se presume que este comportamiento estuvo muy relacionado con el mayor contenido de carbohidratos solubles que caracteriza a la variedad testigo en comparación con las seleccionadas para forraje, condición que limita la celulolisis ruminal. Ya Stuart (2002), encontró un comportamiento similar al estudiar la digestibilidad de las fracciones de caña de azúcar.

En estudios realizados en Brasil en variedades de caña de azúcar de diferentes ciclos de maduración Azevêdo *et al.* (2003) y Gomes *et al.* (2010), demostraron que aquellas que se caracterizaron por ciclo de maduración precoz produjeron menor volumen de gas *in vitro* en comparación con las variedades de maduración de ciclo medio-tardío. Este resultado lo atribuyeron al hecho de que las

variedades de ciclo de maduración medio-tardío pueden ofrecer más energía para los microorganismos que fermentan los carbohidratos no fibrosos, por lo que resultan ser más eficientes en la síntesis de proteína microbiana. Razones que demuestran que no necesariamente las variedades de caña de azúcar para rumiantes deben poseer alto contenido azucarero.



Medias de variedades con letras diferentes a un mismo tiempo de incubación difieren estadísticamente (Tukey $p < 0,05$)

Figura 4.1. Influencia de la variedad en la producción de gas *in vitro* del forraje integral a diferentes edades: a) seis meses b) ocho meses c) 11 meses.

Varios autores han publicado que el alto contenido de sacarosa deprime la degradación de la fibra (Mould *et al.*, 1983; Obara *et al.*, 1994; Sutoh *et al.*, 1996). También Kawashima *et al.* (2002), publicaron resultados que demuestran el efecto negativo en la producción animal del uso de tallos de la variedad Phil.66-07 de alto contenido azucarero (22-24 °Brix). Sin embargo, Guerra (2009), recomienda la utilización de variedades de bajo contenido de FDN y alto contenido azucarero (Pol),

donde la relación de FDN/Pol debe ser baja (menor a tres) para garantizar un adecuado consumo por parte de los rumiantes. Al respecto, Carvalho *et al.* (2010), en Brasil desarrollaron un estudio donde evaluaron siete clones y dos variedades comerciales de caña de azúcar y como resultado no observaron correlaciones significativas entre la digestibilidad *in vitro* de la MS y el contenido azucarero (Pol) ni con la relación FDN/Pol.

Por lo que sería importante para futuras investigaciones desarrollar estudios que permitan dilucidar el efecto del contenido azucarero de variedades de caña de azúcar en la fermentación y degradabilidad de la fibra a nivel ruminal, aspectos que brindarían criterios útiles para la obtención y recomendación de nuevos genotipos con fines forrajeros, que permitan hacer un uso más eficiente de la caña de azúcar en la producción animal. En sistemas donde se necesite caña de azúcar para alimentar rumiantes y monogástricos a la vez no cabe dudas que la mejor variedad es la de mejores rendimientos azucareros, particularmente si se usa la caña fraccionada en jugo, fibras y hojas, como recomienda Preston (1989).

Los resultados alcanzados demuestran que las variedades seleccionadas para forraje manifiestan una buena degradabilidad ruminal al producir volúmenes de gas *in vitro* similares e incluso superiores a la variedad testigo My5514 en las tres corridas correspondientes a los seis, ocho y 11 meses de edad.

4.3.3 Parámetros de producción de gas *in vitro*

En la Figura 4.2 se muestran gráficos del comportamiento de los parámetros de producción de gas *in vitro* de las variedades evaluadas a los seis, ocho y 11 meses de edad. Los valores del potencial de producción de gas *in vitro* a los seis meses de edad oscilaron entre 37,54 y 52,09 ml, respectivamente, mientras que los valores de velocidad de producción de gas fluctuaron entre 0,011 y 0,024 h⁻¹.

Los valores del potencial de producción de gas obtenidos destacan a la variedad C99-374, que mostró el mayor valor precedido por la My5514 y C97-366. Con relación a la velocidad de producción de gas la variedad C97-366 alcanzó el mayor valor precedido por la My5514 y C99-374.

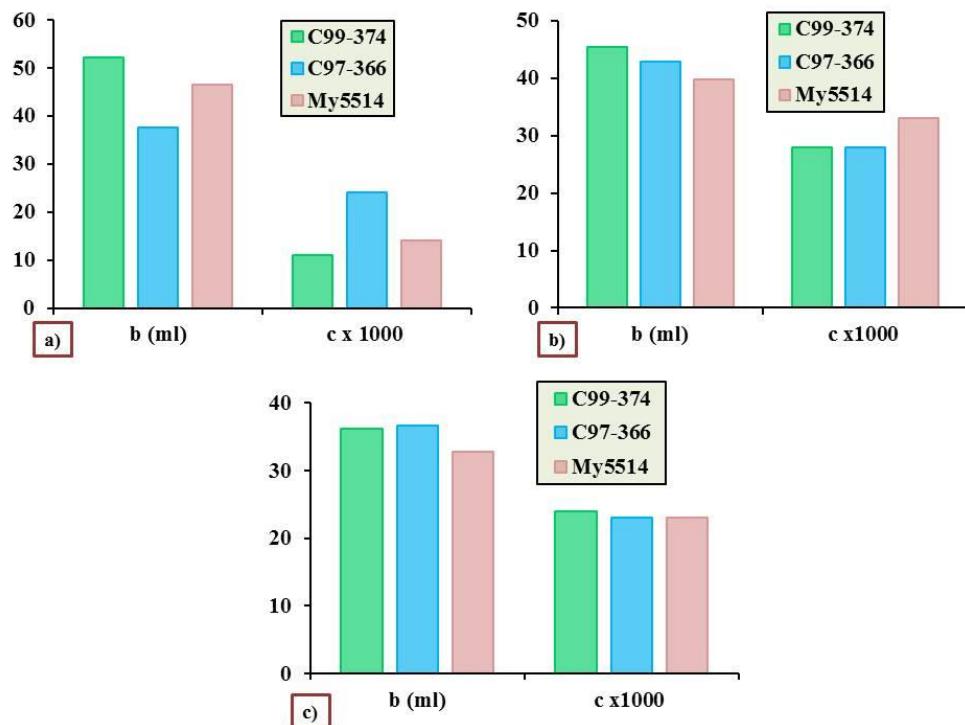


Figura 4.2. Comportamiento de los parámetros de producción de gas *in vitro* de las variedades a diferentes edades: a) seis meses, b) ocho meses c) 11 meses.

A los ocho meses de edad los valores del potencial de producción de gas *in vitro* oscilaron entre 39,72 y 45,51 ml, respectivamente, mientras que los valores de velocidad de producción de gas fluctuaron entre 0,028 y 0,033 h⁻¹. Los valores alcanzados en el potencial de producción de gas destacan a las variedades forrajeras C99-374 y C97-366. Con relación a la velocidad de producción de gas se destaca el testigo My5514.

A los 11 meses de edad los valores del potencial de producción de gas *in vitro* oscilaron entre 32,73 y 36,64 ml, respectivamente, mientras que los valores de velocidad de producción de gas fluctuaron entre 0,023 y 0,024 h⁻¹. Los valores obtenidos en el potencial de producción de gas destacan a las

variedades forrajeras C99-374 y C97-366. Los valores de velocidad de producción de gas fueron muy similares entre variedades.

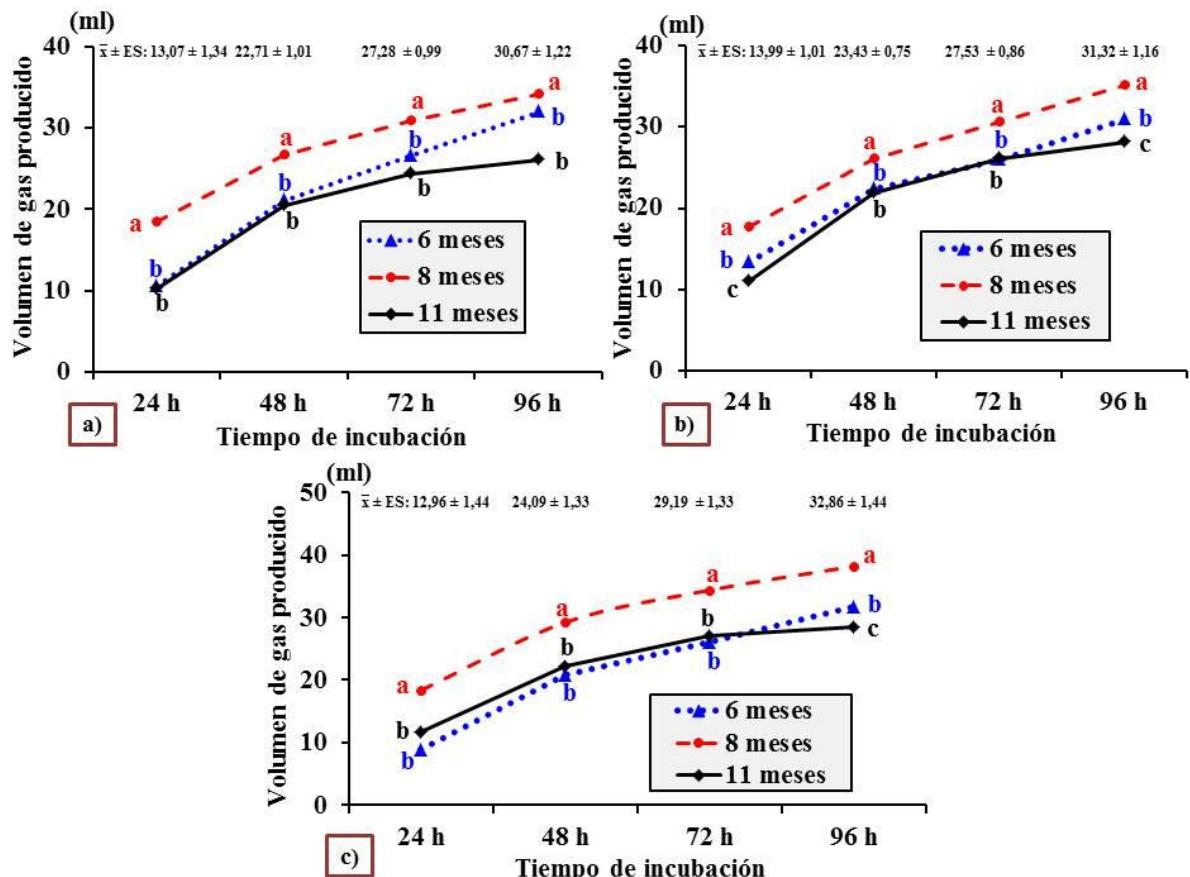
Los resultados alcanzados con relación a la velocidad de gas en el estudio se encuentran dentro del rango publicado por Martínez (2008), en un estudio de la dinámica de producción acumulada de gas *in vitro* y parámetros de mejor ajuste al modelo (Correa, 2004) de 13 forrajes tropicales. A su vez, los valores del potencial de producción de gas son superiores a los informados por el autor anteriormente citado.

González (2010), publicó valores inferiores del potencial de producción de gas en un estudio del bagazo de caña de azúcar amonificado con urea como activador de la fermentación ruminal *in vitro* con relación a los parámetros de producción de gas *in vitro* obtenidos en el estudio.

Los valores de velocidad y potencial de producción de gases obtenidos en el estudio se pueden considerar altos, resultados que se atribuyen a la composición química de la caña de azúcar, la cual posee un alto contenido de carbohidratos solubles de fácil degradación en el rumen. Además, las muestras analizadas pertenecían al forraje integral, donde el tallo ocupa entre el 49 y 80,50 % de la muestra total en las tres edades evaluadas, y si se considera que este órgano es el encargado del almacenaje de los azúcares que se producen en las hojas producto de la fotosíntesis, es lógico que brinden un buen suministro de MO fermentable para los microorganismos del rumen.

4.3.4 Influencia de la edad en la digestibilidad *in vitro* del forraje integral

En la Figura 4.3 se muestran gráficos del comportamiento de la producción de gas *in vitro*, para los tiempos 24, 48, 72 y 96 h de iniciada cada corrida a las edades de seis, ocho y 11 meses de las tres variedades en estudio.



Medias de edades con letras diferentes a un mismo tiempo de incubación difieren estadísticamente (Tukey $p < 0,05$)

Figura 4.3. Influencia de la edad en la producción de gas *in vitro* por variedad: a) My5514 b) C97-366 c) C99-374.

La variedad My5514 alcanzó los mayores valores de producción de gas *in vitro* ($p < 0,05$) a los ocho meses de edad, resultados que difieren estadísticamente de las edades seis y 11 meses en los cuatro tiempos evaluados durante la corrida. Similares comportamientos mostraron las variedades C97-366 y C99-374. Los resultados obtenidos evidencian que a los ocho meses las tres variedades alcanzan el momento óptimo para su utilización como alimento animal, edad en la cual pueden ser mejor aprovechadas desde el punto de vista nutricional por los rumiantes.

Los resultados publicados por varios autores a nivel mundial y los obtenidos en este estudio, que coinciden en el criterio de que las variedades de caña de azúcar aumentan su contenido de MS con la edad, permiten inferir que este comportamiento pudiera estar asociado a que esta fracción de la

planta posee un menor contenido de fibra y azúcares solubles, así como una mayor proporción de cogollo a los ocho meses en comparación con los 11 meses. Por otra parte, a pesar de poseer un mayor contenido de fibra que a los seis meses, también posee un mayor contenido de carbohidratos solubles, todo lo cual facilita el proceso de degradación del alimento.

Sin embargo, a pesar de los resultados obtenidos en el estudio, que indican que a los ocho meses las variedades son mejor aprovechadas por los animales, es lo más lógico recomendar su uso a los 11 meses, edad en la que alcanzan una mayor producción de biomasa verde y fresca, que equivale a un mayor rendimiento de nutrientes (PB, P, K) por unidad de superficie, lo que permite alimentar un mayor número de animales. También se logra una mayor durabilidad de la cepa, al practicar un menor número de cortes para forraje, los que por conveniencia del productor se deben realizar en el período poco lluvioso, así se garantiza que el próximo corte coincida con esta época donde escasean los pastos y de esta forma la planta tiene un mayor tiempo para alcanzar buenas producciones de biomasa sin que sufra por los daños que ocasiona a la cepa el excesivo número de cortes (ICA, 2006; Herrera *et al.*, 2014).

Por lo que además se logran mayores ingresos en los sistemas agropecuarios al no tener que incurrir en gastos de preparación de suelo, semilla y plantación de caña de azúcar para forraje producto de la demolición en pocos años del área destinada para este fin.

4.3.5 Aceptabilidad por ovinos de las variedades de caña de azúcar a los 11 meses de edad

Las variedades C99-374 y C97-366 alcanzaron los mayores valores promedios de aceptabilidad ($p<0,05$) durante las pruebas de cafetería (Figura 4.4).

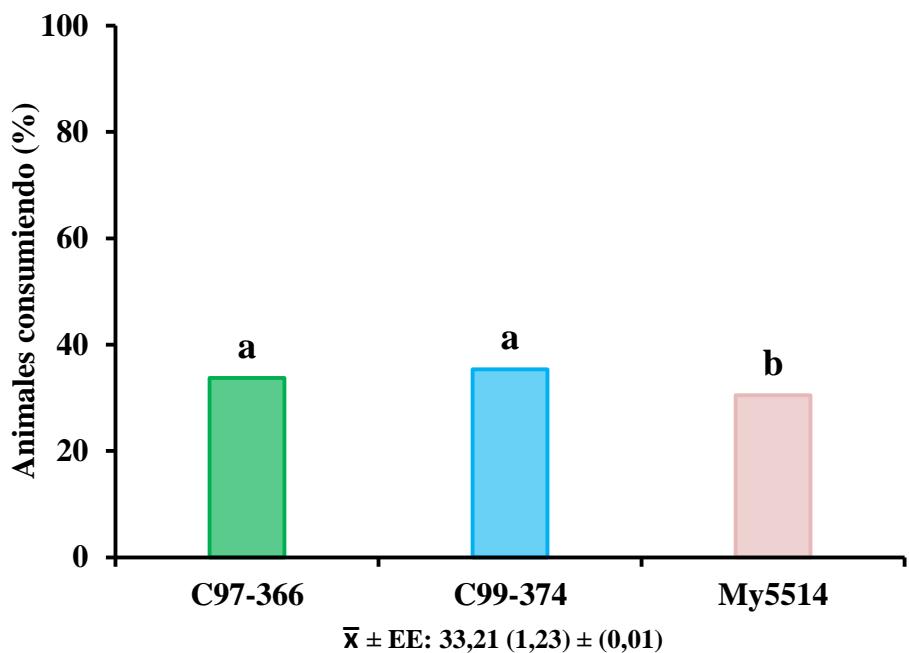


Figura 4.4. Influencia de la variedad en la aceptabilidad por ovinos durante la prueba de cafetería.

Es importante señalar, que una variedad de caña de azúcar para ser recomendada como forraje, debe cumplir con tres aspectos básicos: mostrar una buena respuesta agronómica, poseer un buen valor nutritivo, en que destacan la digestibilidad y aceptabilidad que permita un mayor consumo por los animales (Pate *et al.*, 2002; López *et al.*, 2003; Ruiz *et al.*, 2009). Por lo que los resultados de aceptabilidad obtenidos en el estudio son de gran valor práctico, ya que demuestran el buen valor nutritivo de las variedades de caña de azúcar seleccionadas para producir forraje.

4.4. Conclusiones parciales

- La composición química y la digestibilidad *in vitro* de las variedades de caña de azúcar varía con la edad y fracción de la planta.
- Los resultados de la dinámica y parámetros de producción de gas *in vitro* indican que las variedades C99-374 y C97-366 tienen mejor digestibilidad *in vitro* que el control My5514.
- Las variedades C99-374 y C97-366 seleccionadas para forraje mostraron mayor aceptabilidad por los ovinos durante las pruebas de cafetería en relación al control My5514.
- Las variedades C99-374 y C97-366 seleccionadas para forraje mostraron mejores indicadores del valor nutritivo que la My5514, tradicionalmente recomendada para la alimentación animal.

Capítulo V.

Respuesta productiva y percepción de los productores con el uso de las variedades de caña de azúcar

CAPÍTULO V. RESPUESTA PRODUCTIVA Y PERCEPCIÓN DE LOS PRODUCTORES CON EL USO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR

5.1 Introducción

Las principales causas de los escasos resultados obtenidos en las diferentes ramas de la producción se pueden atribuir en gran medida a la insuficiencia y lentitud del proceso de transferencia investigación/generalización. Al respecto, Díaz-Canel (2021), informó que todavía en Cuba las interconexiones entre el conocimiento y el sector productivo de bienes y servicios, la administración pública y el desarrollo territorial están débiles. Por su parte, Oquendo (2011), informó que quizás el factor que más ha incidido en el fracaso de la consolidación exitosa de muchas propuestas tecnológicas para la esfera agraria, haya sido los intentos apresurados de extenderlas, sin una correcta validación previa o un estudio profundo de todos los factores que intervienen en su viabilidad.

Por estas razones, se hace necesario para la introducción y generalización de las nuevas variedades forrajeras de caña de azúcar y su integración a los sistemas de producción agropecuarios en Cuba, primero diagnosticar la situación actual con respecto al uso de este cultivo para la alimentación bovina en las principales áreas ganaderas, resultados que permitirían caracterizar el entorno en el cual se van a introducir, evaluar y validar esta nueva tecnología, lo que se entiende cómo interpretar el medio productivo con un enfoque sistémico. En un segundo momento se hace imprescindible considerar la percepción de los productores, como actores principales del proceso productivo, para el empleo de las nuevas variedades de caña de azúcar seleccionadas como forraje para la alimentación de rumiantes.

En la actualidad estas variedades forrajeras de caña de azúcar se están generalizando en las principales áreas ganaderas de la provincia Camagüey y en otras regiones del país.

Los objetivos de este capítulo fueron:

- Diagnosticar el uso de la caña de azúcar en la alimentación de bovinos en la provincia de Camagüey.
- Valorar la percepción de productores con el uso de las variedades de caña de azúcar con fines forrajeros.
- Evaluar el consumo de caña y la producción de leche en vacas alimentadas con las variedades de caña de azúcar como complemento de su dieta basada en pastos, durante la época de seca.

5.2 Materiales y métodos

5.2.1 Diagnóstico de la situación con respecto al uso de la caña de azúcar en la alimentación de bovinos en la provincia de Camagüey

5.2.1.1 Localización

El estudio se llevó a cabo en cuatro municipios, con ganadería vacuna, de la provincia de Camagüey, Jimaguayú, Santa Cruz del Sur, Florida y Carlos Manuel de Céspedes. Se efectuaron un total de 181 encuestas en diferentes entidades del sector agropecuario: Unidad de Base de Producción Cooperativa (UBPC); Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA); Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS); fincas de tierras ociosas entregadas a usufructuarios y fincas particulares, las mismas se realizaron en el período poco lluvioso del año (enero-marzo) desde el 2016 al 2018.

5.2.1.2 Procedimiento metodológico

Se utilizó la encuesta propuesta por Fernández *et al.* (2014), ver Anexo 8. Para identificar las variedades de caña de azúcar plantadas en las fincas encuestadas se consideraron las características agrobotánicas descritas por Bernal *et al.* (1997) y el INICA (2004).

5.2.1.3 Procesamiento estadístico

Para el procesamiento de los datos obtenidos en la encuesta se utilizaron elementos de la estadística descriptiva que incluyeron el empleo de gráficos y tablas; así como el trabajo con cálculo porcentual. También se determinaron estadígrafos descriptivos (media, desviación estándar, valores mínimos y máximos de la población).

5.2.2 Percepción de los productores con el uso de las variedades con fines forrajeros

Se realizó una investigación de carácter cualitativo, y la obtención de la información primaria se obtuvo con un método participativo a partir de entrevistas en profundidad, semiestructuradas con preguntas abiertas, tal como lo han realizado otros investigadores de la cadena agroalimentaria (Paz y Jara, 2014; Albicette *et al.*, 2016; Murillo, 2017; Rosenstein *et al.*, 2017; Blandi *et al.*, 2018; Silvetti *et al.*, 2018; Miranda, 2019; Silvetti, 2020), a productores que ya tenían plantadas las variedades forrajeras en sus fincas y tenían criterios de su utilización en la alimentación bovina.

Para su realización se utilizó una guía abierta (Anexo 9), no existió una secuencia lógica para las preguntas y estas variaron en función del contexto, de la experiencia y del conocimiento del entrevistado. El entrevistador sirvió de guía para obtener la mayor información posible del tema de interés y evitar que las entrevistas se desviaran de los objetivos perseguidos. Las entrevistas fueron grabadas y posteriormente transcritas.

El número de entrevistados se definió mediante el Método de Saturación, el cual consiste en realizar entrevistas hasta el punto en que en las últimas tres, no se registran ideas nuevas a las que han aparecido anteriormente y por lo tanto, no aportan al objetivo planteado (Charmaz, 2006). De acuerdo con este criterio se entrevistaron a 13 productores.

Para el análisis y sistematización de las entrevistas, se utilizó la Metodología de Decodificación propuesta por Hernández *et al.* (2014). En cada una de ellas se identificaron los aspectos claves en

función de los bloques de preguntas de la entrevista (Anexo 9) y posteriormente se le asignó una valoración en función del número de entrevistados que hacían mención a dicho elemento, sin que ello supusiera importancia de un concepto con respecto a otro. La totalidad de las entrevistas fueron realizadas entre febrero y marzo de 2022. Finalmente, se estructuró la discusión profundizando el análisis con antecedentes desde fuentes secundarias disponibles como artículos científicos, trabajos presentados en eventos, tesis de pregrado, maestrías y doctorados.

5.2.3 Producción de leche y consumo de vacas alimentadas con las variedades de caña de azúcar como complemento de su dieta basada en pastos, durante la época de seca

5.2.3.1 Ubicación y duración del experimento

El estudio se realizó en las fincas La Nueva Aurora y La Cubanita, ubicadas en el municipio Florida, provincia Camagüey, Cuba, durante los meses de enero a marzo del año 2022. Las coordenadas geográficas de las fincas son: 21° 30' 47" LN y 78° 14' 03" LO a 57 m.s.n.m. y 21° 30' 16" LN y 78° 15' 34" LO a 52 m.s.n.m (Anexos 10 y 11). El clima se caracteriza por una temperatura media promedio de 26,7 °C, con una máxima y mínima promedio de 31,4 y 21,6 °C, respectivamente. El régimen pluviométrico promedio anual es de 1236,78 mm de precipitaciones, produciéndose aproximadamente el 80 % de las mismas en el período comprendido entre los meses de mayo a octubre. La humedad relativa promedio es de 75,6 % (Estación Agrometeorológica de Florida, 2021).

5.2.3.2 Caracterización general del sistema de alimentación y manejo utilizado

La finca La Nueva Aurora posee un área total de 12,90 ha, divididas en ocho cuartones de 1,42 ha. Los pastos predominantes son la tejana (*Paspalum notatum*) y estrella (*Cynodon nemfluensis*). La finca La Cubanita posee un área total de 2,17 ha, dividida en dos cuartones de 0,96 ha y el pasto predominante es la tejana (*Paspalum notatum*). Durante el período que duró el experimento, en cada

una de las fincas, las vacas seleccionadas para el estudio no pastaron con otros animales, estas fueron ubicadas en un cuartón seleccionado donde existía el mayor rendimiento de pastos. Los animales se estabularon entre las 18:00 y las 08:00 horas. El ordeño se realizó una vez al día de forma manual en el horario de las 07:00 a las 08:00 horas. El agua estaba distribuida en varios puntos de las fincas y en el área de ordeño.

5.2.3.3 Tratamientos y manejo experimental

En las dos fincas donde se desarrolló el estudio se utilizaron las variedades de caña de azúcar forrajeras C99-374, C97-366, y la variedad testigo My5514 que se encontraban plantadas desde el mes de abril de 2021 en un área (0,12 ha) de la ETICA Florida, en condiciones de secano. El marco de plantación utilizado fue de 1,20 m entre surcos y 0,60 m entre plantas. Las atenciones culturales se realizaron según el Instructivo Técnico para la Producción y Cultivo de la Caña de Azúcar en Cuba (Santana *et al.*, 2014). El corte del forraje de caña se efectuó diariamente a partir de la segunda quincena del mes de enero de 2022, el cual fue troceado con un tamaño de partículas menores de dos centímetros de longitud con el uso de una máquina desfibradora Marca marathonTM, Modelo HJN 132S-2, con un motor de alto rendimiento de 3478 rpm de fabricación China que se encuentra en el Laboratorio de Análisis Azucareros de la ETICA Florida. Posteriormente al corte y troceado del forraje, este fue transportado a las dos fincas, en un período menor a una hora, para ser ofertado a los animales seleccionados para el estudio.

Se empleó un diseño de cuadrado latino replicado (3 x 3), con períodos de 15 días, los últimos cinco días se usaron para colección de datos; procedimiento similar al descrito por Filian *et al.* (2022). Los experimentos se realizaron de manera simultánea en las dos fincas. Previo a su inicio se emplearon 10 días de adaptación al nuevo manejo y alimentación, y se ajustaron las ofertas de caña de azúcar. En cada finca se usaron tres vacas mestizas (Criolla x Cebú x Holstein) multíparas, adecuadamente

identificadas, en lactancia media al inicio del experimento (90 días de lactancia), con 307 ± 8 kg de peso vivo.

Los tratamientos consistieron en el suministro de forraje fresco troceado de las variedades de caña de azúcar C99-374, C97-366, y la testigo My5514. Los animales salieron a pastorear en el horario de las 08:00 a las 18:00 h, después las vacas fueron alojadas en corrales de 12 m^2 de superficie, donde se suministró 17 ± 5 kg de caña fresca troceada por animal de la variedad correspondiente a cada período. Esta dieta fue suplementada con un bloque multinutricional (Anexo 13) elaborado con las siguientes materias primas: miel B (50 %), harina de Leucaena (25 %), sales minerales (10 %), hidrato de Cal (10 %) y urea (5 %), según la metodología propuesta por Sansoucy (1986) y se le ofreció agua *ad libitum*. Los terneros fueron alimentados durante un tiempo aproximado de dos horas, distribuidas en dos momentos, donde consumieron leche después del ordeño y en el horario del mediodía.

5.2.3.4 Mediciones realizadas

- Composición botánica y rendimiento de pastos. Se realizó mediante la variante práctica del método visual de Haydock y Shaw para áreas de producción de acuerdo a Senra y Venereo (1986).
- Consumo de Materia Seca (MS) del forraje de caña, expresado en $\text{kg MS animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y $\text{kg MS 100 kg}^{-1} \text{ PV}^{-1}$. Se consideró la diferencia entre el peso del material ofertado y rechazado; se corrigió a partir de determinaciones de MS en cada período (Martín, 2004).
- Producción de leche por animal por día. Medida en un cubo y expresada como $1 \text{ vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$.
- Calidad de la leche. El último día de cada período de evaluación se tomaron muestras de leche y se llevaron al Laboratorio de la UEB Combinado Lácteo de Florida, donde se determinaron la densidad, acidez y grasa de la leche cruda (NC 448: 2006).

5.2.3.5 Procesamiento estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANAVA) según Modelo General Lineal, las diferencias entre las medias estuvieron determinadas por la prueba de rango múltiple de Tukey ($p<0,05$). Se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV, Versión 15.1.02 (2006).

5.3 Resultados y discusión

5.3.1 Diagnóstico de la situación actual del uso de la caña de azúcar en la alimentación de bovinos en la provincia de Camagüey

Las 181 fincas donde se realizaron las encuestas poseen un área total de 12 196,74 ha, de las cuales solo están destinadas al pastoreo unas 6 511,02 ha, lo que representa el 53,38 % del área total, también unas 1 211,85 ha están invadidas por el marabú (*Dichrostachys cinerea* L.), lo que representa el 18,61 % del área de pastoreo. También 40 ha (0,61 %) pertenecen al silvopastoreo (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Caracterización del área de las fincas.

	Superficie (ha)
Área total	12196,74
Área de pastoreo:	6511,02
• Área con marabú	1211,85
• Área silvopastoril	40,00

La situación con la planta de marabú es un aspecto muy importante a considerar, si se tiene en cuenta que el número de bovinos a pastorear es de 12 899 unidades de ganado mayor (UGM), lo que representa una carga de 2,43 UGM ha⁻¹, la cual se puede considerar elevada, todo lo que propicia el sobrepastoreo del área. Por lo que se hace necesario eliminar la mayoría o la totalidad de áreas invadidas por esta especie vegetal para lograr disminuir la carga animal y de esta forma poder contrarrestar los efectos tan nocivos del sobrepastoreo de los pastizales.

Según Olivera (2017), uno de los mayores inconvenientes para continuar con el desarrollo de la producción de rumiantes en la provincia de Camagüey, es la alta tasa de infestación por marabú que afecta aproximadamente el 50 % de las áreas ganaderas. Por su parte Guevara (2001), afirmó que la alta infestación de maleza y marabú representaba un efecto negativo para las unidades, al constituir

una limitante para la tecnología de alimentación a base de pastos fundamentalmente, luego de 20 años, esta situación aún continúa. También estos dos autores anteriormente citados informaron que cada año se reportan pérdidas económicas considerables producto a que se deben invertir considerables sumas de dinero en desbroce, chapea, buldoceo y aplicación de herbicidas a estas áreas infestadas que se dedican a la producción bovina, aún sin tener en cuenta los efectos negativos al ambiente por prácticas inadecuadas de control de esta leñosa invasora.

En la Tabla 5.2 se puede considerar que de las 181 fincas donde se realizaron las encuestas en solo 168 de ellas (92,82 %) existe agua durante todo el año para suministrar a los animales, situación muy desfavorable en aquellas tres que no la poseen en todo el año y no menos importante en las 10 que solo hacen uso de la misma en el período lluvioso del año.

Tabla 5.2. Recursos disponibles en las fincas para la alimentación animal.

Recursos disponibles	Cantidad de fincas	Porcentaje
Agua:		
• Todo el año	168	92,82
• Período lluvioso	10	5,52
• Sin agua	3	1,66
Sales minerales:		
• Todo el año	29	16,02
• Período lluvioso	7	3,87
• Sin sales minerales	145	80,11
Concentrado:		
• Todo el año	22	12,15
• Período lluvioso	6	3,31
• Sin concentrado	153	84,53
Urea:		
• Con urea	25	13,81
• Sin urea	156	86,19
Máquina troceadora:		
• Con máquina	49	27,07
• Sin máquina	132	72,93

Como crítica se puede considerar la falta de sales minerales, urea y concentrado, por la situación económica actual que atraviesa el país, por lo que las fincas deben crear sus propios programas para la producción de alimentos para sus animales con los recursos propios existentes en cada una de ellas. En cuanto a las máquinas troceadoras los productores deben hacer un esfuerzo por lograr contar en la finca con al menos una, por las ventajas que ofrece la misma a la hora de suministrar los alimentos y que sean mejor aprovechados por los animales (Benvenutti *et al.*, 2006).

De las 181 fincas donde se realizaron las encuestas, solo en 59 (32,60 %) existe un área de caña de azúcar dedicada a la alimentación bovina, se destacan las CCS y los usufructuarios de tierras ociosas (Tabla 5.3). Lo que demuestra el sentido de pertenencia de estos productores por alcanzar mejores resultados productivos.

Tabla 5.3. Uso de la caña de azúcar según tipo de propiedad, superficie y variedades.

	Total
Fincas con caña:	59
• CCS	33
• Tierras ociosas entregadas a usufructuarios	17
• UBPC	6
• CPA	3
• Área de caña plantada	57,72 ha
• Variedades plantadas	11
• Variedades recomendadas	6

Por otra parte, es imprescindible señalar la importancia que tiene el uso de variedades de caña de azúcar como alimento forrajero principalmente en el período poco lluvioso del año en Cuba, con el objetivo de satisfacer las necesidades de MS del rebaño y el balance de nutrientes, que permita niveles aceptables de producción de carne, leche y un comportamiento reproductivo eficiente (Suárez *et al.*, 2018). La caña de azúcar ofrece grandes posibilidades para ser utilizada en la alimentación de rumiantes, la coincidencia de su cosecha con el período menos lluvioso, la

propiedad de superar a todas las plantas forrajeras conocidas en producción de MS y energía metabolizable por hectárea, su gran adaptabilidad a distintas condiciones edafoclimáticas, son entre otras sus principales bondades (Salazar *et al.*, 2017; Reis *et al.*, 2019).

El área de caña plantada en estas 59 unidades se extiende a 57,72 ha, donde se utilizan 11 variedades, de las cuales solo seis han sido recomendadas para ser utilizadas en la alimentación animal (Tabla 5.4). Lo que evidencia la existencia de factores de orden subjetivos u objetivos para introducir estas variedades en la práctica productiva. Aspecto de gran importancia a considerar por parte de los productores si pretenden alcanzar buenos resultados en los indicadores productivos de la masa bovina.

Tabla 5.4. Variedades de caña utilizadas en las 59 fincas para alimento bovino.

Variedades	Recomendado	Área (ha)
C137-81	Sí	33,53
C86-12	Sí	7,00
B80250	Sí	3,37
B4362	No	3,21
C87-51	Sí	3,00
Ja60-5	No	2,50
My5514	Sí	2,00
CC82-105	No	1,00
C86-56	No	0,78
Co997	Sí	0,74
ML3-17	No	0,59

Molina *et al.* (1995) y Suárez *et al.* (2006), señalaron que todas las variedades de caña de azúcar no pueden ser utilizadas para la alimentación animal. Al respecto, recomiendan que para este fin estas deben poseer un valor nutritivo acorde a las características de este cultivo, con valores de digestibilidad de la materia seca superiores al 50 %, deben ser palatables, es decir tener una buena aceptabilidad para ser consumidas por el animal y producir altos volúmenes de biomasa por unidad de superficie. Además de la tolerancia que deben mostrar a factores bióticos y abióticos.

Un ejemplo de lo anteriormente comentado es la situación de la variedad C137-81, la de mayor propagación en las fincas (58,09 %), con relación al total de área plantada. Este es un genotipo que se caracteriza por presentar un bajo contenido de fibra, lo que la hace blanda. Además, posee un alto contenido azucarero; sin embargo, se ha comprobado que no es resistente a las condiciones extremas de sequía, en las cuales no manifiesta buena capacidad de rebrote, lo que propicia en muy alta frecuencia la demolición de áreas plantadas en pocas cosechas (Jorge *et al.*, 2008). Este es un aspecto negativo desde el punto de vista económico por lo que representan los gastos por concepto de preparación de suelo y compra de semilla para fomentar una nueva área de forraje en la finca. Esta variedad, según Suárez *et al.* (2006), se recomienda plantarla en áreas que presenten condiciones de sobre humedecimiento. Lo que reitera una vez más la importancia de la capacitación a los productores agropecuarios.

De forma general, se evidenció el desconocimiento que existe por parte de los productores de las variedades de caña seleccionadas con fines azucareros y que han sido evaluadas y recomendadas para ser utilizadas en la alimentación animal, si se considera que solo 10 productores que representan el 16,95 % del total de fincas donde se utiliza la caña conocen las variedades recomendadas para este fin.

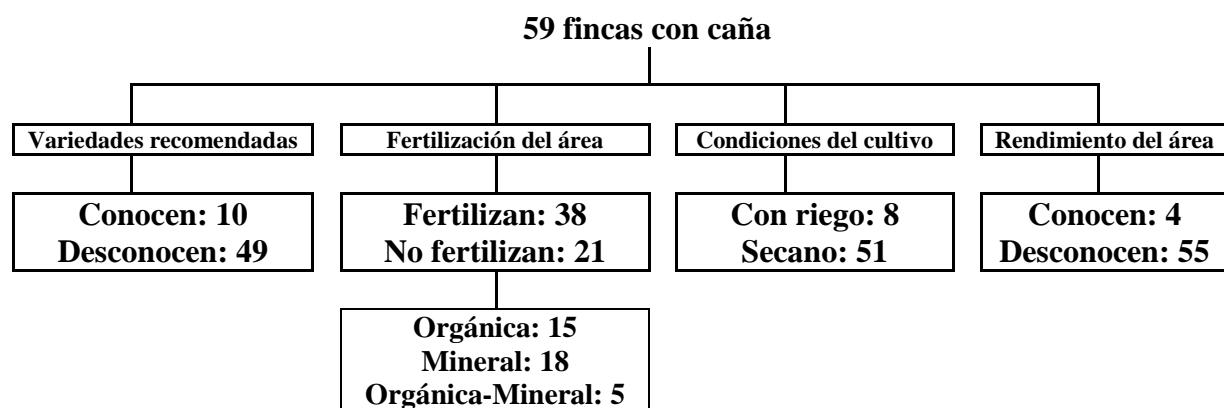


Figura 5.1. Principales aspectos relacionados con las áreas plantadas de caña de azúcar.

En solo ocho fincas (13,56 %) de las 59 que utilizan caña de azúcar para alimento animal los productores cuentan con tecnología de riego que les permiten cubrir las demandas hídricas del cultivo en cada una de sus fases fenológicas y así obtener altos volúmenes de biomasa y de mejor calidad nutricional para alimentar a un mayor número de animales principalmente en el período poco lluvioso del año.

Solo cuatro productores (6,78 %) conocen el rendimiento de biomasa de las variedades de caña de azúcar que se encuentran plantadas en sus áreas destinadas para forraje, aspecto que les permite realizar un manejo eficiente al estimar la cantidad de animales que pueden ser alimentados y por cuánto tiempo según la biomasa real que existe en el área.

Con respecto a la forma en que se suministra la caña de azúcar a los bovinos en las 59 fincas donde existe este recurso forrajero se puede observar en la Figura 5.2 que en solo siete fincas (11,86 %) se hace un uso correcto de la misma.

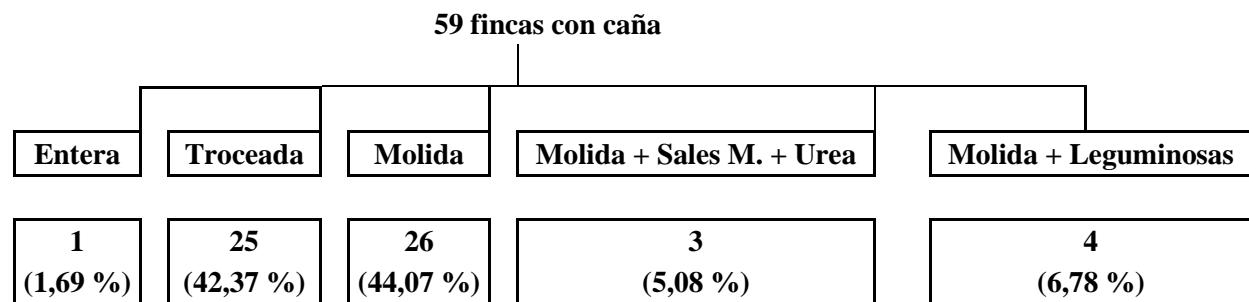


Figura 5.2. Forma en que se suministra la caña de azúcar en las fincas.

Para llegar a esta conclusión se consideraron los resultados obtenidos y publicados por Bezerra *et al.* (2017) y Salazar *et al.* (2017), que para lograr buenos resultados productivos con el uso de esta planta se hace necesario la suplementación con sales minerales y con proteínas de origen vegetal o animal o nitrógeno no proteico (urea), ya que la misma se caracteriza por ser un forraje de media a baja calidad debido a su bajo contenido proteico y desbalance mineral, poca o ninguna grasa y bajo

contenido de almidón. Además, otra premisa que se debe considerar a la hora de suplementar a los bovinos es que se debe ofrecer molida con tamaño de las partículas igual o menor a 2 cm para mejorar la velocidad de pasaje ruminal (Benvenutti *et al.*, 2006). Por estas razones no se hace un uso correcto de la misma en las 52 fincas restantes (88,14 %), donde se suministra la caña entera, troceada en tamaño de las partículas superiores a 2 cm o solo molida sin sales minerales ni fuentes proteicas. Es importante señalar que la caña de azúcar por sí sola no constituye un alimento, debe ser suplementada para alcanzar buenos resultados productivos (Molavian *et al.*, 2020).

Se identificaron, según la percepción de los productores como principales causas por las cuales no utilizan la caña en la alimentación bovina: la falta de capacitación, la carencia de semilla de variedades recomendadas y el déficit de maquinarias e implementos agrícolas para la preparación de suelo y atenciones al cultivo (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Principales causas por la que no se utiliza la caña como alimento bovino en las fincas.

Principales Causas	Fincas	Porcentaje
Falta de capacitación.	75	22,66
Carencia de semilla de variedades recomendadas.	75	22,66
Carencia de recursos financieros.	21	6,34
Carencia de fuerza de trabajo.	26	7,86
Disponibilidad de área a plantar.	49	14,80
Déficit de maquinarias e implementos agrícolas.	68	20,54
Cuentan con otro recurso forrajero.	17	5,14

Los resultados de algunos indicadores productivos con y sin el uso de la caña de azúcar en la alimentación de la masa bovina evidenciaron que en las 59 fincas donde se utilizó esta planta se alcanzaron los mayores valores de producción de leche en comparación con las restantes donde no se utilizó este recurso forrajero (Tabla 5.6).

Los valores de producción de leche con el uso de la caña como forraje ($3,4 \text{ l vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$) no fueron muy elevados. Estos resultados se pueden atribuir a que no en todas las fincas se utilizaron las variedades recomendadas para este fin, y que en la mayoría se hizo un uso incorrecto en la forma de suministrarlas.

Tabla 5.6. Comportamiento de indicadores productivos con y sin el uso de la caña de azúcar.

Indicadores productivos	n	V Mín	V Máx	\bar{X}	DE
Producción de Leche ($1 \text{ vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$)					
Con caña	59	2	7,5	3,4	1,10
Sin caña	122	1	5,0	3,0	0,75
Peso promedio al sacrificio (kg)					
Con caña	50	355	500	410	36,30
Sin caña	78	300	500	408	37,99
Edad promedio al sacrificio (meses)					
Con caña	50	30	48	40	4,30
Sin caña	78	36	58	44	5,23

n: número de fincas. **V Mín:** valor mínimo. **V Máx:** valor máximo. **\bar{X} :** media. **DE:** desviación estándar.

Los valores promedios de producción de leche en las fincas donde se utilizó la caña de azúcar como suplemento en la dieta de vacas lecheras se encuentran dentro del rango publicado por varios autores que realizaron estudios en los años 70 y 80 del pasado siglo donde la producción de leche promedio varió entre $3,3$ y $19,3 \text{ l vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (Martín, 2005; Martín, 2021).

Con relación al peso promedio al sacrificio se alcanzaron valores muy similares sin importar el uso o no de la caña de azúcar en la ceba de bovinos. Sin embargo, en las fincas donde se utilizó la caña se logró adelantar la edad promedio al sacrificio en cuatro meses. Lo que demuestra que con el uso de este forraje se pueden alcanzar buenas ganancias de peso en un menor tiempo, y de esta forma hacer más eficiente la tecnología de producción de carne bovina. Al respecto, Castillo *et al.* (2005), publicaron que con la tecnología de la ceba final de ganado vacuno basada en caña de azúcar con

pastoreo restringido al inicio de la época de seca se pueden esperar aumentos de peso de 500 g animal⁻¹ día⁻¹, tecnología que incluye suplementación energético proteica.

En el estudio se evidenció la necesidad de implementar un programa para la capacitación de los productores de la provincia, al manifestar 171 de ellos (94,48 %) estar de acuerdo con participar en encuentros técnicos que le brinden los conocimientos básicos en la temática para lograr mejorar los resultados productivos en sus fincas. Como lo afirman Báez *et al.* (2018) y Fernández *et al.* (2021), que publicaron la importancia y necesidad en las condiciones del nuevo modelo económico cubano de capacitar a los actores locales para alcanzar un desarrollo agropecuario sostenible. Estas y otras acciones deben ser consideradas para atenuar, o eliminar, los retos socioeconómicos para introducir y usar adecuadamente las variedades forrajeras C99-374 y C97-366 en la producción pecuaria.

Por lo que constituye un reto la recomendación e introducción de las nuevas variedades seleccionadas para producir forraje en las fincas de la provincia y el país. Que conlleva a desarrollar una serie de estrategias de extensionismo agrario para implementar con éxito esta nueva tecnología que permita alimentar el rebaño bovino principalmente en el período poco lluvioso del año (Silva *et al.*, 2018); así como, realizar estrategias que permitan a los actores gubernamentales locales facilitar la introducción de nuevos resultados como sugiere Díaz-Canel (2021).

5.3.2 Percepción de productores con el uso de las variedades forrajeras C99-374 y C97-366

Todos los productores manifestaron que existen diferencias entre las variedades seleccionadas para producir forraje y las recomendadas para la alimentación animal que se utilizan en la industria azucarera. Percepción que argumentaron al expresar que las variedades forrajeras C99-374 y C97-366 se caracterizan por mostrar una buena brotación y un mejor establecimiento en los suelos de baja capacidad agroproductiva que las variedades recomendadas para su uso diversificado en la

producción de azúcar y alimento animal. Esta cualidad permite lograr más población del área y mayor productividad expresada en biomasa fresca y seca por unidad de superficie.

También confirmaron una mejor relación hoja:tallo, que le proporciona un mayor volumen de biomasa foliar que las variedades con fines azucareros. Aspecto que le confiere mayor calidad al forraje, por ser las hojas y el cogollo las fracciones de la planta de mejor calidad nutritiva, lo que repercute en un mayor consumo animal (Timana *et al.*, 2017).

Los productores entrevistados hicieron mucho énfasis en los largos períodos secos que han caracterizado estos últimos años, situación que le confiere ventajas a las nuevas variedades forrajeras que son capaces de tolerar la sequía en mayor medida que las azucareras, estas últimas mencionadas manifiestan una disminución del área foliar y aumento del porcentaje de la fracción tallo en el período poco lluvioso del año, órgano que concentra gran contenido de sacarosa, carbohidrato soluble de fácil degradación en el rumen (Iraola *et al.*, 2017; Salazar *et al.*, 2017). Por su parte, las variedades forrajeras son capaces de mantener un mayor porcentaje de la fracción hoja-cogollo que le confiere un mayor volumen de biomasa, compuesta por carbohidratos estructurales que conforman la pared celular, principalmente celulosa y hemicelulosa tan necesarios para que los microorganismos del rumen puedan convertir toda esta fibra en ácidos grasos volátiles (AGV) y proteínas microbianas que posteriormente pasan al abomaso para ser absorbidas y convertidas en energías que son utilizadas en los principales procesos fisiológicos de los rumiantes (González y Rodríguez, 2010).

Con relación a la productividad expresada en capacidad de rebrote o persistencia al corte los productores resaltaron la buena respuesta de las variedades forrajeras a cada cosecha realizada en sus fincas, en que señalaron la fuerza y el vigor que manifiesta el rebrote de estos genotipos. Características que le han permitido seguir explotando la misma área de caña como forraje durante

varios años sin necesidad de reposición. Cuatro productores (30,77 %) de los 13 entrevistados han practicado el corte por cuatro años consecutivos y expresaron que aún, a pesar del número de cosechas, las variedades forrajeras manifiestan vigor y producción de biomasa que hacen rentable mantener el área que ocupan en sus fincas. Cuatro productores (30,77 %) argumentaron que las variedades azucareras disminuyen su productividad en un menor tiempo con el número de cortes practicados (Herrera *et al.*, 2014), dos de éstos tomaron la decisión, por la baja capacidad productiva del área de caña plantada en sus fincas, de realizar la demolición porque no se adaptaron a las condiciones de suelo y clima donde fueron ubicadas.

El consumo animal, según los productores entrevistados, es mayor en las cañas forrajeras C99-374 y C97-366. Razón que justifican al manifestar que estos genotipos son más blandos, no presentan pelos en las vainas de sus hojas y su sabor no es muy dulce, más bien tienen un gusto salobre, características que le confieren mayor aceptabilidad por los animales en comparación con las cañas con fines azucareros que tienden a ser más duras y muy dulces que provoca que los animales no la consuman con tanta palatabilidad como las forrajeras. También a la hora de trocearlas o molerlas con las máquinas desfibradoras resultan más fáciles las forrajeras, por ser más blandas, que las azucareras. Aspecto que le confiere ventajas económicas a los productores al disminuir consumo de energía eléctrica por concepto de molido de la caña.

Los resultados alcanzados por los productores en sus fincas con el uso de las variedades forrajeras son positivos. La mayoría expresaron en sus entrevistas que la caña es fundamental para mantener las producciones y evitar muertes y depauperación del ganado bovino en el período poco lluvioso del año en Cuba.

Todos los productores entrevistados concuerdan que se deben continuar las investigaciones relacionadas con la temática de obtención, recomendación e introducción de nuevas variedades de

caña de azúcar seleccionadas con fines forrajeros, por la importancia que tiene este cultivo para la alimentación de rumiantes principalmente en el período poco lluvioso del año en Cuba. También recomendaron hacer énfasis en la selección de nuevos genotipos para forraje que sean capaces de tolerar largos períodos de sequía, e incluso inundaciones, efectos adversos que se generan cada vez con más frecuencia como efecto del cambio climático. Además, exhortaron a investigar cada día más para lograr contar con un mayor número de variedades forrajeras que les permitan ubicar los genotipos que mejor se adapten a las condiciones de suelo y clima que caracterizan las áreas ganaderas del territorio, y que éstos sean capaces de producir altos rendimientos en biomasa para paliar el déficit de pastos en calidad y cantidad que se produce en el período más crítico del año para la ganadería en el territorio y en Cuba.

También dos productores (15,38 %) recomiendan investigar el comportamiento bioprotectivo con el uso de estas variedades forrajeras en otras especies de ganado menor (ovino, caprino), e incluso en cerdos, por la experiencia positiva obtenida al suministrárselos a estos animales en sus fincas. Uno de los campesinos sugiere la implementación de la tecnología de plantación de caña de azúcar mediante el uso de yemas individuales plantadas en bolsas de polietileno y atendidas en su primera etapa en condiciones de vivero, para lograr a la hora del trasplante un mejor establecimiento en el campo y además sirve como medida para atenuar el déficit de precipitaciones que ha caracterizado los últimos años en el territorio.

Todos los productores entrevistados expresaron que, para la introducción de las nuevas variedades forrajeras C99-374 y C97-366 en la práctica productiva, de la manera más inmediata posible, se hace necesaria una buena labor de extensión agraria, es decir, que todos los campesinos conozcan lo que ellos están implementando en sus fincas y de los resultados bioprotectivos que han alcanzado con esta nueva tecnología. También todos coincidieron en la necesidad que tienen los productores de contar con semilla de calidad de las variedades forrajeras para plantar en los meses donde se

inicia el período lluvioso en Cuba (mayo-julio), en el cual la mayoría de ellos procede a la plantación de sus áreas forrajeras de caña de azúcar para lograr que en el período poco lluvioso del año sus plantaciones hayan alcanzado producir los volúmenes de biomasa necesarios para paliar el déficit de pastos que caracteriza esta época del año en Cuba y así poder alimentar a la masa bovina presente en sus fincas.

5.3.3 Producción de leche y consumo de vacas alimentadas con las variedades de caña de azúcar C99-374, C97-366 y My5514 como complemento de su dieta basada en pastos, durante la época de seca

Las vacas en estado de lactancia alimentadas con caña de azúcar como complemento de su dieta manifestaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) en el consumo de MS según variedad ofrecida (Tabla 5.7).

Tabla 5.7. Efecto de la variedad en el consumo de forraje molido de caña.

Indicador	C97-366	C99-374	My5514	$\bar{X} \pm EE$
Consumo (kg MS animal ⁻¹ día ⁻¹)	5,4 ^b	5,8 ^a	4,8 ^c	5,3 ± 0,11
Consumo (kg MS 100 kg ⁻¹ PV ⁻¹)	1,7 ^b	1,9 ^a	1,6 ^c	1,7 ± 0,04

a, b, c Letras diferentes en una misma fila difieren estadísticamente (Tukey, $p<0,05$)

La variedad C99-374 demostró ser la más consumida ($p<0,05$) por las vacas lecheras en el estudio.

En el caso de la My5514 utilizada como testigo fue la menos consumida (Tabla 5.7). Estos resultados indican que las nuevas variedades de caña de azúcar forrajeras poseen un mejor valor nutritivo que la My5514, al ser las más consumidas en el estudio, ya que según Ruiz y Guevara (2021), el consumo voluntario de los forrajes es el criterio más preciso de su valor nutritivo, por ser una medida de la velocidad de digestión de la celulosa, dependiente de la lignificación de la planta.

El mayor consumo de las variedades forrajeras en relación al testigo My5514 se le puede atribuir a varios factores, uno de ellos está relacionado con la composición morfológica de la muestra de caña

fresca molida que se les ofertó a los animales durante el estudio. En las variedades forrajeras se caracterizó por una mejor relación hoja:tallo, aspecto que favoreció al contenido de PB y minerales y a la calidad de la fibra. Al respecto, Martín (2015), publicó que para la alimentación animal se prefieren las variedades con mayor porcentaje de cogollo, por tener un mayor contenido de proteína y una mejor relación PB/FDN. También Leng y Preston (1976) y Kawashima *et al.* (2002), publicaron la importancia de la inclusión de la fracción del cogollo en el consumo voluntario.

Otro factor que pudo influir en el mayor consumo de las variedades forrajeras se puede atribuir al contenido azucarero. En la variedad testigo My5514 se encontraba en su época de maduración (Bernal *et al.*, 1997) en el momento de efectuar el corte de las muestras (febrero-marzo), con valores de Brix y sacarosa (Anexo 14) superiores a las variedades forrajeras, aspecto que pudo influir negativamente por el alto contenido de azúcares (sacarosa) caracterizados por su alta solubilidad en el rumen que afecta la degradación de la FDN y por consiguiente aumenta el tiempo de pasaje de esta fracción a nivel ruminal. Aspecto informado por Hardy (1982) y Awais (1987), al observar una disminución en la digestibilidad de la MS y de la fibra bruta en la medida que aumentó el contenido azucarero en las dietas evaluadas, condiciones que provocan una disminución del consumo por el animal.

Al respecto, Moreno (2007), publicó que la caña puede ofrecerse picada, cuyo consumo va a depender de la variedad y la edad de corte, la dureza que pueda tener y el tiempo de retención en el rumen. Por su parte, Ferreiro y Preston (1977); Montpellier y Preston (1977) y Kawashima *et al.* (2002), publicaron que el consumo de caña de azúcar depende de la madurez, variedad y nivel de suplemento en la dieta.

Los valores medios obtenidos se encuentran dentro del rango publicado por varios autores en diferentes países y citados por Martín *et al.* (2005), quienes indican que el consumo de MS de caña

de azúcar por animal por día varía entre 3,8 y 11,6 kg. También Martín (2021), publicó valores de consumo expresados en PV entre 0,90 y 2,5 kg de MS por 100 kg de PV en un estudio realizado en vacas lecheras, los valores obtenidos se encuentran dentro de este rango informado por este último autor mencionado.

El consumo de caña fresca por los animales durante la prueba se puede considerar de bueno, resultados que se pueden atribuir en gran medida a la suplementación de la caña con bloques multinutricionales durante todo el estudio, lo que favoreció la degradabilidad de las fracciones fibrosas de la caña y de los pastos naturales consumidos (*Paspalum notatum* y *Cynodon nlemfluensis*) que se caracterizaban por su mala calidad y bajo rendimiento ($0,63 \text{ t MS ha}^{-1}$), ocasionado por el período del año en que se realizó la prueba (febrero-marzo) y por la elevada carga animal ($2,5 \text{ UGM ha}^{-1}$) que condicionó el sobrepastoreo del área de las fincas con los efectos adversos que esta práctica de manejo genera.

Los bloques multinutricionales estaban compuestos por dos fuentes de proteínas, una de origen natural (harina de *Leucaena leucocephala*) y otra de nitrógeno no proteico (urea), las cuales favorecieron el consumo de la caña y de los pastos de mala calidad. Al respecto, Soarez *et al.* (2012), informaron que la calidad de la proteína es un factor importante en el consumo de alimentos voluminosos en rumiantes, dado que las diferentes fuentes de proteína actúan como activadoras de la fermentación ruminal. Estos resultados de consumo en el estudio reafirman la importancia del suministro de minerales y nutrientes energéticos y proteicos no degradables en rumen a dietas fibrosas que generalmente son bajas en ese nutriente (Muñoz *et al.*, 1986; Muñoz *et al.*, 1991; Magalhaes *et al.*, 1999; Souza *et al.*, 2009).

El comportamiento del indicador producción de leche según variedad ofrecida mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) (Tabla 5.8). La variedad C99-374 alcanzó los mayores valores

de producción de leche. La variedad C97-366 también difiere estadísticamente ($p<0,05$) del testigo My5514. Resultados que reafirman el buen valor nutritivo de estos dos genotipos seleccionados para producir forraje.

Como positivo se pueden catalogar los resultados de producción de leche promedio obtenidos con el uso de la caña de azúcar ($2,7 \text{ l animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$), los cuales mostraron un incremento relativo de 28,57 % con relación a la producción obtenida antes de iniciarse el estudio ($2,1 \text{ l animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$), lo que reafirma la importancia del uso de este cultivo en la alimentación bovina principalmente en el período poco lluvioso del año en Cuba. En el estudio se destacan las variedades forrajeras C99-374 y C97-366 que mostraron incrementos relativos de 42,85 y 33,33 %, respectivamente. Por su parte, la variedad My5514 solo mostró un incremento relativo de 19,04 %. Estos resultados reafirman el mejor valor nutritivo de las variedades seleccionadas para forraje en relación a la variedad testigo My5514.

Tabla 5.8. Efecto de la variedad de caña de azúcar en la producción y calidad de la leche.

Indicadores	C97-366	C99-374	My5514	$\bar{X} \pm \text{EE}$
Producción ($\text{l animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$)	2,8 ^b	3,0 ^a	2,5 ^c	$2,7 \pm 0,07$
Densidad ($15^\circ\text{C g cm}^{-3}$)	1,031	1,031	1,030	$1,030 \pm 0,0002$
Acidez (g ácido láctico/ 100 ml)	0,16	0,15	0,15	$0,15 \pm 0,01$
Grasa (%)	3,98	4,05	4,02	$4,02 \pm 0,03$

^{a, b, c} Letras diferentes en una misma fila difieren estadísticamente (Tukey, $p<0,05$)

Los resultados positivos obtenidos en el estudio, con el uso de la caña de azúcar, se fundamentan en la suplementación que se le realizó con el uso de bloques multinutricionales, los cuales aportaron fibra de mejor degradabilidad ruminal, energía, proteína y minerales a la ración, que permitió mejorar el ambiente ruminal para la degradación y digestibilidad de la fibra, aportada por los pastos y la caña de azúcar (Fernández, 2012).

Como se puede apreciar los valores de producción obtenidos con el uso de la caña de azúcar para la alimentación de vacas lecheras es muy variado. Este comportamiento se puede atribuir a los otros ingredientes de la ración, al genotipo, y a la fase de lactancia en que se encuentren (Martín, 2021). En

este estudio se presume que el comportamiento productivo estuvo muy influenciado por el genotipo (mestizo) y por el manejo zootécnico. A pesar de no evaluarse la condición corporal en el estudio se pudo observar que las vacas al inicio de la prueba se encontraban en muy mal estado fisiológico provocado por un inadecuado balance nutricional producto de la baja cantidad y calidad de los pastos y al déficit de forraje que suplieran los requerimientos para esta fase de lactancia (90-120 días posteriores al parto). Con la culminación del experimento se observó mejorías en la condición corporal de los animales, así como el incremento de sus producciones diarias.

Con relación a los restantes indicadores físico-químicos de calidad de leche evaluados, se pudo comprobar que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre variedades. Los valores de densidad y acidez obtenidos en el estudio se encuentran dentro de los parámetros establecidos para la leche cruda. Las densidades se reportan como normales entre $1,028\text{-}1,033\text{ g cm}^{-3}$ a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Inga, 2017; Martínez *et al.*, 2017) y de $0,13\text{-}0,18\text{ g ácido láctico/ 100 ml de acidez}$ (Fernández *et al.*, 2010). Con relación a la grasa los valores son superiores al rango reportado por Gallego *et al.* (2017), de 3-3,5 %. Este resultado se presume que puede ser atribuido a la raza de los animales en estudio, a la época del año y a la alimentación que se les suministró a estas vacas lecheras, factores que según Khan *et al.* (2019), influyen en la composición de la leche.

Resultados similares obtenidos en Cuba, con relación al contenido de grasa en la leche, fueron publicados por Cepero (2019), que obtuvo valores entre 3,9 y 4,3 %. Al respecto este autor publicó que estos resultados se consideran típicos de los genotipos con alto grado de rusticidad que se explotan en el sector campesino cubano, así como de la alimentación que reciben, basada fundamentalmente en materiales fibrosos, pastos y forrajes. Aspectos que coinciden con la realidad existente en las fincas donde se desarrolló este estudio. También, Ruiz (1979), evaluó la composición de la leche de vacas alimentadas con caña suplementada con urea y obtuvo valores de grasa de 3,4 a 3,9 %, muy cercanos a los obtenidos en este estudio.

5.4 Conclusiones parciales

- Se corrobora que el forraje de caña de azúcar en la provincia de Camagüey tuvo una influencia positiva en los indicadores: producción de leche por animal por día y edad promedio al sacrificio; sin embargo, solo en 59 fincas (32,60 %) se utiliza la caña de azúcar en la alimentación bovina, y su uso se realiza de la manera correcta en solo siete de ellas (11,86 %).
- Las principales causas que incidieron en la no utilización adecuada de la caña de azúcar en la alimentación de vacunos son la falta de capacitación a productores, carencia de semillas de variedades recomendadas para este fin y déficit de maquinarias e implementos agrícolas; todo lo cual representan retos socioeconómicos para introducir las variedades forrajeras C99-374 y C97-366 en la producción pecuaria.
- Los productores que usan las variedades forrajeras C99-374 y C97-366 tienen una percepción positiva de las mismas e identifican a la variedad C99-374 como la más promisoria en cuanto a su adaptación a las fincas, aceptabilidad y consumo por los vacunos. Además, evidenciaron la necesidad de desarrollar una estrategia para la extensión agraria y la implementación de un programa de semilla categorizada para la introducción de las nuevas variedades forrajeras.
- Se demuestra que la variedad C99-374 fue más consumida por las vacas y produjo más leche que las demás variedades estudiadas.

Conclusiones Generales

CONCLUSIONES GENERALES

- Al tener en consideración indicadores agronómicos, fisiológicos, nutricionales y de producción de leche vacuna, así como de aceptación por los productores se demuestra que las variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) C99-374 y C97-366, escogidas para forraje desde el inicio del esquema de selección, tienen mejores características forrajeras para alimentar rumiantes que la variedad My5514, representativa de las cañas forrajeras tradicionales.
- La variedad C99-374 mostró la mayor estabilidad fenotípica en términos de producción de biomasa verde y seca en las diferentes zonas ganaderas de la provincia Camagüey; las variedades C97-366 y My5514 mostraron mayor dependencia del ambiente en su respuesta productiva.
- Los productores ganaderos evidenciaron el beneficio del uso de la caña de azúcar, y también que existen un grupo de retos socioeconómicos para introducir y usar adecuadamente la caña de azúcar en la producción pecuaria. Identificaron a la variedad C99-374 como la más promisoria en cuanto a su adaptación, aceptabilidad y consumo por los vacunos, y mostraron interés en plantarla en sus fincas.
- Se demostró que la variedad C99-374 fue la más consumida por las vacas y la de mayor incidencia en la producción de leche.

Recomendaciones

RECOMENDACIONES

- Continuar trabajando para la extensión y empleo adecuado en la alimentación de rumiantes, de las variedades C99-374 y C97-366 en la provincia de Camagüey y en otras regiones ganaderas de Cuba.
- Desarrollar nuevos estudios para evaluar el efecto del menor contenido azucarero, de variedades forrajeras de caña de azúcar, en la actividad celulolítica ruminal, y para valorar el comportamiento productivo de ovinos y caprinos alimentados con las variedades C99-374 y C97-366.
- Usar los resultados de esta tesis en la docencia de pre y post grado.

Referencias Bibliográficas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albicette, M. M.**, Bortagaray, I., Scarlato, S., Aguerre, V. (2016). Co-innovación para promover sistemas ganaderos familiares más sostenibles en Uruguay. Análisis de tres años de cambios en la dimensión social de la sostenibilidad. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, I (2), 105-136. ISSN 2525-1635.
- Álvarez, H. A.**, Morales, N. C. R., Corrales, L. R., Avendaño, A. C. H., Rubio, O. A. H., Villareal, G. F. (2018). Caracterización estomática, concentración de clorofila y su relación con producción de biomasa en Bouteloua curtipendula. *Agron. Mesoam.*, 29(2): 251-261. doi:10.15517/ma.v29i2.29900
- Alves, A.**; Shigaki, F.; Silva, T.; Siqueira, E., Veras, L.; Costa, G.; et al. (2019). Sugarcane Varieties for Animal Feeding in the Pre-Amazon Region of Brazil. *Journal of Agricultural Science*; 11(17), 309-318. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n17p309>
- Ammar, H.**, López, S. y González, J. (2005). Assessment of the digestibility of some Mediterranean shrubs by in vitro techniques. *Animal Feed Science and Technology*, 119 (1), 323–331.
- Andrade, J. B.**; Ferrari Junior, E.; Possenti, R. A.; Otsuk, I. P.; Zimback, L. and Landell, M. G. A. (2003). Seleção de 39 variedades de cana-de-açúcar para alimentação animal. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 40(4), 287-296.
- Andrade, J. B.**; Ferrari Junior, E; Possenti, R.; Otsuk, I. P.; Zimback, L.; Landell, M. G. A. (2004). Composição química de genótipos de cana-de-açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. *Bragantia, Campinas*, 63(3), p. 341-349.
- Anjos, I.**, Silva, D y Campana, M. (2008). *Cana-de-açucar como forrageira*. [en línea]. Sao Paulo, Brasil: [s.n.]. Recuperado el 6 de enero de 2014, de <http://www.Corpocia.Org.Co.htm/>.

- Aragón, C.**, Carvalho, L.C., González, J., Escalona, M., Amancio, S. (2009). Sugarcane (*Saccharum* spp. Hybrid) propagated in headspace renovating systems shows autotrophic characteristics and develops improved anti-oxidative response. *Trop. Plant. Biol.*, 2, 38–50.
- Aranda, E.M.**, P. Ruiz, G.D. Mendoza, C.F. Marcoff, J.A. Ramos, y A. Elías. (2004). Cambios en la digestión de tres variedades de caña de azúcar y sus fracciones de fibra. *Rev. Cub. Cienc. Agric.* 38:137-144.
- Aranda, I. E.M.**, Ramos, J. J.A., Salgado, G. S., Arias, L. F. T. (2016). Producción y evaluación de alimentos elaborados con caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y pollinaza fermentada en estado sólido. *Agroproductividad*, 9(7), 46-50.
- Araújo, A.**, Mattei, M., Velho, J., Doneda, G., Azevedo, P., Costa, A. (2021). Avaliação da qualidade do leite de vacas lactantes alimentadas com composto de cana-de-açúcar hidrolisada. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 7(2), 20071-20076.
- Arnon, D.I.** (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris. *Plant physiology*, 24: 1-15.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC)**. (2019). Official Methods of Analysis. 21st Edition. Arlington, Virginia. 22201 USA. 771 pp.
- Awais, B.J.** (1987). *Influencia del contenido de azúcar en el consumo y digestibilidad de la caña de azúcar en ovinos*. Trabajo de Diploma. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, La Habana.
- Azevêdo, J. A. G.**; Pereira, J. C.; Carneiro, P. C. S. et al. (2003). Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 32(6), 1431-1442.

- Báez, A.**, Hernández, C. A., Perdomo, J. M., Garcés, R. y Alibet, M. (2018). Modelo de gestión del conocimiento para el desarrollo agropecuario local. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo regional*, 28(51), 1-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.24836/es.v28i51.517>
- Baracat, N.**, J., Scarpone, F. V., & Araðjo, R. B. (2017). Initial development and yield in sugarcane from different propagules. *Pesqui. Agropecu. Trop.*, 47, 273-278. <https://doi.org/10.1590/1983-40632016 v4744472>
- Bastidas, L.**, Rea, R., De Sousa Vieira, O., Hernández, E., & Briceño, R. (2012). Análisis de variables agronómicas en cultivares de caña de azúcar con fines azucareros, paneleros y forrajeros. *Bioagro*, 24(2), 135-142. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de: <http://bioagrojournal.com/index.php/path/article/view/142/143>
- Bastidas, L.**; Rea, R.; De Sousa, O.; Valle, A.; Ventura, J. (2010). Calidad forrajera de cinco variedades de caña de azúcar en Santa Cruz de Bucanal, Estado Falcón, Venezuela RET. *Revista de Estudios Transdisciplinarios*, 2(2), 63-75 Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179221617006>
- Benvenutti, M. A.**, Pavetti, D. R. y Moreno. F. C. (2006). Efecto del tamaño de partícula de caña de azúcar y nivel de suplementación sobre el consumo y ganancia de peso de novillos en confinamiento invernal. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 26:63-69.
- Bernal, N.**; Morales, F.; Gálvez, G. y Jorge, I. (1997). *Variedades de Caña de Azúcar. Uso y Manejo*. La Habana, Publicaciones IMAGO, INICA. 101 p.
- Bezerra, J. D. C.**, Ferreira, G. D. G., Campos, J. M. de S., Oliveira, M. W. de, Andrade, A. P. de, & Nascimento Júnior, J. R. S. do. (2017). Biometric and chemical characteristics of sugarcane varieties for use as forage in limiting soil water conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46 (5), 384-392, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S180692902017000500003>

- Blandi, M. L.**, Rigotto, R. M., Sarandón, S. J. (2018). Influencia de factores contextuales en la adopción de modelos de agricultura insustentables. La incorporación del invernáculo en agricultores platenses. *Rev. FCA UNCUYO*, 50(1): 203-216. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.
- Bonomo, P.**; Cardoso, C. M. M.; Pedreira, M. S.; Santos, C. C.; Pires, A. J. V.; Silva, F. F. (2009). Potencial forrageiro de variedades de cana-de açúcar para alimentação de ruminantes. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31 (1), 53-59.
- Broderick, G.A.** & Reynal, S.M. (2009). Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. *J. D. Sci.*, 92, 2822-2834.
- Cabrera J. A.**, y Zuaznábar, R. (2010). Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. Balance del carbono. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 5-13.
- Caione, G.**, Teixeira, M.T.R., Lange, A., Silva, A.F., Fernandes, F.M. (2011). Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, 9: 01-11.
- Campos, F.P.**, Conceição, M.R.G., Sarmento, P., Nicácio, D.R.O., Lima, C.G., Matarazzo, S.V. (2018). Productivity and physiological response of lactating Holstein cows to sugarcane supplementation and evaporative cooling under heat-stress. *The Journal of Agricultural Science*, 1–14. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000898>
- Carvalho M. V.**, Rodrigues, P. H. M., Lima, M. L. P., Anjos, I. A., Landell, M. G. A., Santos, M. V., Prada e Silva, L. F. (2010). Composição bromatológica e digestibilidade de cana-deaçúcar colhida em duas épocas do ano. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, São Paulo, 47(4), 298-306

- Carvalho, A. L.**, Menezes, R. S. C., Nóbrega, R. S., Pinto, A. S., Ometto, J. P. H. B., Randow, C. V. and Giarolla, A. (2015). Impact of climate changes on potential sugarcane yield in Pernambuco, Northeastern region of Brazil. *Renew. Energy*. 78: 26-34.
- Castillo, E.**, Febles, G., Jordán, H., Martínez, R. O., Martín, C. P., Quintana, F. et al. (2005). *Tecnologías de ceba bovina*. Manual 3ra Edición. ACPA. pp 80.
- Cepero, A.** (2019). *Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de la leche en dos vaquerías con diferentes condiciones de producción*. Trabajo de grado, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Matanzas, Cuba.
- Charmaz, K.** (2006). Constructing grounded theory: a practical guide through qualitative analysis. Londres, SAGE.
- Chaves, S. M.** (2008). Uso de la caña de azúcar como forraje. Ventana Lechera. *Revista Especializada*. San José, Costa Rica, Dos Pinos, 10 (3), 45-51. [Sitio Argentino de Producción Animal] Recuperado el 10 de marzo de 2018, de: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/Cania_azucar/07uso_cana_azucar_como_forraje.pdf
- Chumphu, S.**, Jongrungklang, N. and Songsri, P. (2019). Association of Physiological Responses and Root Distribution Patterns of Ratooning Ability and Yield of the Second Ratoon Cane in Sugarcane Elite Clones. *Agronomy*, 9, 200; doi:10.3390/agronomy9040200
- Correa, H. J.** (2004). RUMENAL: Procedimiento para estimar los parámetros de cinética ruminal mediante la función Solver de Microsoft Excel®. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 17:34.
- Costa, M. K. L.**, Shigaki, F., Freitas, J. R. B., Rodrigues, R. C., Carneiro, H. (2017). Valor nutritivo de variedades de cana-de-azúcar em função da adubação nitrogenada na região pré-

Amazônica do Brasil. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 38(4), 2091-2106. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n4p2091

Costa, M.G., Campos, J.M.S., Valadares Filho, S. C., Valadares, R. F. D., Mendonça, S. S., Souza, D. P., Teixeira, M. P. (2005). Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana de açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. *R. Bras. Zoot.* 34(6), 2437-2445.

Cruz, L. R., Geraseev, L. C., Carmo, T. D., Santos, L. D. T., Barbosa, E. A., Costa, G. A. (2014). Características agronômicas e composição bromatológica de variedades de cana-de-açúcar. *Biosci. J., Uberlândia*, 30 (6), 1779-1786.

Díaz-Canel, B. M. M. (2021) ¿Por qué necesitamos un sistema de gestión del Gobierno basado en ciencia e innovación? *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 11(1), 13p.

Domingues, F. N., Oliveira, M. D S., Mota, D. A., Oliveira, R. P., Santos, J., Miranda, A. S., Godoy, B. S. (2014). Composição mineral da cana-de-açúcar in natura hidrolisada com cal virgem (CaO). *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, 15(4), 827-834.
<http://www.rbspa.ufba.br> ISSN 1519 9940

Domingues, F.N., Oliveira, M.D.S., Mota, D.A., Ferreira, D.S., Santos, J. (2012). Desempenho de novilhas de corte alimentadas com cana hidrolisada. *Ciência Animal Brasileira*, 13, 8-14.

Estación Agrometeorológica de Florida. (2021). *Medias de las variables climáticas mensuales en el municipio Florida*. Camagüey, Cuba: Autor.

Estévez, O., Pedraza, R., Guevara, R., Parra, C. (2001). Preferencias de ovinos por el follaje de tres especies arbustivas no leguminosas. *Prod. Anim.*, 13 (2), 85-86. ISSN: 0170-2309.

Faleiro, N. J. A. (2010). *Produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com cana de açúcar suplementada com fontes de nitrogênio não protéico de diferentes*

degradabilidades ruminal. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Belo Horizonte MG. Escola de Veterinária-UFMG. 37 p.

FAOSTAT. (2019). Producción / rendimiento de azúcar, caña en mundo. FAO, Roma
<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>.

Fernández, A. (2012). Bloques multinutricionales (BMN) y suplemento activador ruminal (SAR). Argentina. Recuperado: <http://www.engormix.com/MA-ganaderiacarne/nutricion/articulos/bloquesmultinutricionales-bmn-suplementot4146/141-p0.htm>.

Fernández, A. A.; Martínez, L.; Paredes, L.F.; Quispe, Gige Giovanna.; Pareja, J. C.; Moore, J.; Pérez, L.M. y Lázaro, CH. E. (2010). *Tecnología productiva en lácteos. Calidad de la leche.* Primera edición. Solid OPD. Perú. pp. 8-32.

Fernández, B. M., Benítez O. M., Castillo A. G. (2021). Programa de capacitación a productores para la introducción de tecnologías agropecuarias. *MENDIVE*, 19(4), 1155-1167. Disponible en: <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/2622>

Fernández, D. P., Valdés, L.R., Fonseca, E. y Pérez, Y. (2009). Frecuencia de cortes en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y King grass (*Pennisetum purpureum*). *Ciencia y Tecnología Ganadera*, 3(1), 21-26.

Fernández, G. Y., Torres, V. I., Hermida, B. Y., Montalván, D. J., Rivera, L. A. y Fernández, C. Y. (2021). Valor forrajero y persistencia al corte de 11 cultivares de caña de azúcar recomendados para la alimentación animal. *ICIDCA sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 55(2), 21-26.

- Fernández, G. Y.**, Torres, V. I., Montalván, D. J., Hermida, B. Y., Montes, A. D., Rivera, L. A., & Fernández, C. Y. (2019). Caracterización fenológica y producción de biomasa de 12 variedades de caña de azúcar para la alimentación bovina. *Agrisost*, 25(3), 1-7. Recuperado a partir de <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/e3019>
- Fernández, Y.**, Pedraza, R., Llanes, A., Baños, Y., Torres, I., Montalván, J. et al. (2018). Indicadores de la composición química en caña de azúcar según edad de rebrote, cultivar y fracción de la planta. *Prod. Anim.*, 30(1):1-7.
- Fernández, Y.**, Peláez, H., Pedraza, R., Guevara, R., Llanes, Ailsa, Montalván, J., et al. (2014). Uso de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) como alimento animal en el municipio Carlos Manuel de Céspedes. *Centro Azúcar*, 41(2), 12-25.
- Ferreiro, H. M.** and Preston, T. R. (1977). Digestibility and voluntary intake of chopped or derinded sugarcane stalk, with and without addition of cane tops. *Trop. Anim. Prod.* 2:90-99.
- Filian, H. W.**, Tomalá, M. J. J, Pedraza, O. R. M., Pereda, M. J. J., Zambrano M. R., Cedeño, R. M. A. et al. (2022). Paja de arroz amonificada con urea como alimento para vacas lecheras en la cuenca baja del río Guayas, Ecuador. *Livestock Research for Rural Development*, 34(4). <https://www.lrrd.org/lrrd34/4/3432redi.html>
- Fortes, D.**, Herrera, R.S., García, M., Cruz, A. M. & Romero, A. (2012). Chemical composition of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 used as biomass bank. *Cuban J. Agric. Sci.* 46:321
- Franco, R.** (1981). Estudio comparativo de variedades de caña para forraje en condiciones de secano. *Pastos y Forrajes*, 4 (2), 157-164.
- Fundora, O.**, Martín, P., Vera, A y Hernández, J. (2007). Comportamiento productivo, conducta alimentaria y composición química de las canales de macho cebú en la etapa de ceba, alimentados con caña de azúcar y concentrados mezclados. *Cienc. Agríc.*, 2 (41), 28-31.

Galindo, J., Elías, A., Muñoz, E., González, R. y Aldama, A. I. (2006). Efecto de la suplementación nitrogenada en la población microbiana ruminal in vitro en dietas de caña de azúcar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40(3), 297-302.

Gallego, L.A.; Machecha, Liliana. y Angulo, J. (2017). Producción, calidad de leche y beneficio: costo de suplementar vacas Holstein con Tithonia diversifolia. *Agron. Mesoam.* 28(2): 357-370. ISSN 2215-3608, doi:10.15517/mav28i2.25945.25

García, H. (2007). *Fitomejoramiento Participativo en caña de azúcar, complementación necesaria de la mejora convencional*. Propuesta de Proyecto de Investigación. La Habana, ETICA Villa Clara – Cienfuegos. INICA. Ministerio del Azúcar, 30 p.

García, L. R.; Vinent, S. E.; Sardiñas, L. Y.; González, M. M. R. (2016). Follajes proteicos (kenaf y yuca) en raciones de caña de azúcar sin urea, para vacas lecheras. *Pastos y Forrajes*, 39(3), 138-142. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269148030009>

García, R., A., Mandaluniz, N., Flores, G. y Oregui, L. (2005). A gas production technique as a tool to predict organic matter digestibility of grass and maize silage. *Animal Feed Science and Technology*, 123 (2), 267–276.

Giacomini, A. A., Batista, K., de Andrade, J. B., Lima, M. L. P., Gerdes, L., de Matos, W. T. et al. (2014). Potencial de cana-de-açúcar sucroalcooleira para alimentação de ruminantes ao longo do ciclo da cultura. B. *Indústr. Anim.*, Nova Odessa, 71 (1), 8-17.

GOC-2017-406-O18. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Ordinaria. La Habana, viernes 16 de junio de 2017. Número 18. p. 489. ISSN 1682-7511.

Gomes, C. P., Pereira M. F., Ribeiro, L. G. P., Boone, K. G. C., Santos C. R. e Souza, C. L. C. (2010). Fracionamento e cinética da fermentação ruminal in vitro dos carboidratos de cinco variedades de cana-de-açúcar. *Anim. Bras.*, Goiânia, 11(4), 784-793

Gómez, M. F.C., Trejo, T. L.I., Sentíes, H. H.E., Pérez, S. J.A., Salazar, O. J. (2015). La Caña de Azúcar Ofrece más que Azúcar: Oportunidades de Diversificación. *Agroentorno*, 166: 24-25.

González, C. (2010). *Bagazo de caña de azúcar amonificado con urea, como activador de la fermentación ruminal in vitro*. Tesis de Maestría publicada, Universidad “Ignacio Agramonte”, Camagüey, Cuba.

González, R. M. (2019). *Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. Cronología, legislación, metodologías y conceptos relacionados*. ICIDCA. La Habana, Cuba. Primera edición: 216 pp.

González, R. y Rodríguez, D. (2010). Utilización de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la ceba bovina. Gravedad específica in situ y reducción del tamaño de partículas ruminales. *Ciencia Agrícola*, 44 (2), 169-171.

Guerra, S. (2009). ¿Qué debemos tener en cuenta para incorporar la caña de azúcar en la dieta de nuestros animales? Sitio Argentino de Producción Animal, ARG. http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/Cania_azucar/22-dieta.pdf (consultado 10 mar. 2019).

Guevara, R. (2001). *Evaluación de sistemas de producción bovina sostenibles*. Tesis de maestría no publicada, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.

Guevara, V. R., Ortuño, B. C., Narváez, T. J. A.; Cabrera, V. L. G., Guevara, V. G. E., Sarmiento, S. D. C. et al. (2020). Influencia de la distribución anual de parición en los indicadores de producción de leche de la granja Irquis. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 4(1), ISSN 2602-8220.

Guimarães, M. M. C., Matsumoto, S. N., Figueiredo, M. P., Cruz, P.G., Araújo, G. S. (2011). Estimativa da composição química do capim Braquiária cv. Marandú por meio de um

clorofilômetro portátil. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias* 4(2): 85–91.

Hardy, C. (1982). *Efecto de la suplementación sobre los indicadores fermentativos del rumen.* Seminario Interno del ICA. 39 p.

Heliyanto, B., Djumali, Abdurakhman, Syakir, M., Sugiyarta, E. and Cholid, M. (2020). Development of high yielding sugarcane varieties for rainfed areas: yield multilocation trial of promising sugarcane clones. IOP Conf. Ser.: *Earth Environ. Sci.* 418 012065. doi:10.1088/1755-1315/418/1/012065

Hermida, Y., Fernández, Y., Pedraza, R. M., Llanes, A., Torres, I. C., Zambrano, N. Y. y Montes, D. (2018). *Impacto del marco de plantación en la producción de caña de azúcar para la alimentación animal.* Memorias del VI Congreso de Producción Animal Tropical 2018. ISBN: 9789-959-7171-80-5. La Habana, Cuba 2018. CD-ROM Resumen ampliado, páginas: 418-422.

Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. y Castro, S. N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba.* Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 91 pp. ISBN: 978-959-7023-77-7. <http://ediciones.inca.edu.cu/>

Hernández, S. R., Fernández, C. C., Baptista, L. M. (2014). *Metodología de la investigación.* 6ta ed. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México. 589p.

Herrera, R. S. & Ramos, N. (2015). *Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad.* In: *Producción de biomasa de variedades y clones de Pennisetum purpureum para la ganadería.* p. 87-131. Capítulo VI. Ed. R. S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.

- Herrera, R. S.**, Martínez, R. O., Martínez, M., Tuero, R., Cruz, A. M. and Romero, A. (2014). Cutting frequency on quality indicators of *Pennisetum* and *Saccharum* varieties during the dry period. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(2), 159-166.
- Heuzé, V.**, Thiollet H., Tran G., Lebas F. (2018). *Sugarcane forage, whole plant*. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/14462> Last updated on July 5, 2018, 15:09
- Hiscox, J.D.**, Israelstam, G.F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, 57: 1332-1334
- Inga, L.F.** (2017). *Control de la calidad en la densidad de la leche*. Unidad académica de ciencias químicas y de la salud. Universidad técnica de Machala. Machala. Ecuador. pp.8-26.
- Inman, B.N.G.**, Lakshmanan, P., Park, S. (2012). Sugarcane for water limited environments: Theoretical assessment of suitable traits. *Field Crops Research*. 134: 95-104.
- Instituto de Ciencia Animal (ICA)**. (2006). Informe final del proyecto de investigación. *Estudio del potencial forrajero de las variedades comerciales de caña de azúcar en Cuba*.
- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA)**. (2004). *Variedades de Caña de Azúcar. Uso y Manejo*. La Habana, Publicaciones IMAGO, INICA. 102 p.
- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA)**. (2019). *Catálogo de variedades. Caña de azúcar. Centro Oriente, Cuba*. Primera edición: 47 pp.
- Instituto de Meteorología (INSMET) Camagüey**. (2021). *Medias históricas de las variables climáticas mensuales en la provincia de Camagüey*. Camagüey, Cuba: Autor.
- Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA)**. (1983). *Programa de variedades. Objetivos, importancia y metodología experimental*. Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. México. 63 p.

- Iraola, J.**, Arabel, E., Delfín, G., García, Y., Fraga, L. M., Vázquez, A. et al. (2017). Efecto de microorganismos beneficiosos activados en la finalización de toros en silvopastoreo con leucaena, complementados con caña de azúcar. *Revista Científica*, 27(6), 403-410. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95953773009>
- Jacovetti, R.** (2010). *Produção e utilização de cana de açúcar para alimentação de vacas leiteiras*. Seminário (Mestrado em Ciência Animal) Universidade Federal de Goiás, Goiania.
- Jorge, H.**, González, R., Casas, M y Jorge, I. (2011). *Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba*. (3ra.ed.). La Habana, Cuba: PUBLINICA. ISSN: 1028-6527.
- Jorge, H.**; García, H.; González, V.A.; Fernández, Z. y Díaz, R. (1996). Interacción Genotipo-Ambiente en variedades de caña de azúcar en Cienfuegos, Comparación de métodos para la estimación de la estabilidad. *Rev. ATAC*, 1: 34-42.
- Jorge, H.**; García, H.; Ibis Jorge; Bernal, N.; Marrero, A.; Delgado, J.; Cabrera, L.; Delgado, I.; Díaz, M.; Vera, A.; Céspedes, A.; Ojeda, E.; Valladares, F.; Castro, S.; Cruz, R.; Peña, L.; Puchades, Y. y Rodríguez, R. (2010). Red experimental para el desarrollo de las investigaciones de la caña de azúcar en Cuba. ¿Necesarias? *Cuba & Caña*, 2: 33-48.
- Jorge, S. H.**, González, M. A., Menéndez, S. A., Vera, M. A. (2019). Selección de cultivares de caña de azúcar estables y productivos en la compañía azucarera La Estrella. *Biotecnología Vegetal*, 19(4): 307 – 315.
- Jorge, S. H.**, Menéndez, S. A., González, M. A., Delgado M. I. y Gómez, P. J. R. (2018). Evaluación de Genotipos de Caña de Azúcar en diferentes Ambientes en el Ingenio Ofelina, República de Panamá. *Revista Centro Agrícola*, 45(1), 24-33.

- Jorge, S. H.**, Suárez, B. O., García, P. H., Jorge, G. I., Benítez, P. L. y Vera, M. A. (2008). Diversificación de las variedades de caña de azúcar en la alimentación y sostenibilidad del ganado vacuno. *ATAC*, 2: 14-20.
- Kawashima, T.**, Sumamal, W., Pholsen, P., Chaithiang, R., Boonpakdee, W., Kurihara, M. and Shibata, M. (2002). Feeding Value of Sugarcane Stalk for Cattle. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 15(1): 55-60.
- Khan, I.**; Bule. M.; Ullah, R.; Nadeem, M.; Asif, S.; Niaz, K. (2019). The antioxidant components of milk and their role in processing, ripening, and storage: Functional food. *Veterinary World*, EISSN: 2231-0916.
- Kumar S. V.**, Tomar, S. K., Kundu, S.S., Pankaj, J., Kumar, M. and Manju, L. (2012). Chemical Composition and Effect of Feeding Different Levels of Sugar Levels of Sugar cane Tops with Concentrate Mixture/ Mustard Cake on Digestibility in Buffalo Calves. *Indian J. Dairy Sci.* 65(5), 393-398.
- Kumar, N.** (2019). Effect of genotypes and nitrogen levels on productivity of sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid complex) ratoon crop. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3): 11-13.
- Lagos, B. E.**, Castro, R. E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3):917-934. doi:10.15517/am.v30i3.34668 <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>
- Lee, C. N.**, Fukumoto, G. K., Nakahata, M. & Ogoshi, R. M. (2014). Sugarcane Crosses as Potential Forages for Ruminants: 483 Selection Criteria. (ser. *Pasture and Range Management*, no. ser. PRM-6), Honolulu, Hawaii: College of Tropical Agriculture and Human Resources

(CTAHR), University of Hawaii at Mānoa, 7 p., Available:
<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/PRM-6.pdf>, [Consulted: August 4, 2016].

Lee, C.N., Fukumoto, G. K., Thorne, M.S., Stevenson, M.H., Nakahata, M. and Ogoshi, R.M. (2017). Sugarcane Crosses as a Potential for Ruminants: Dry-Matter Yield and Nutrient Analysis of Selected Cultivars. *Pasture and Range Management*, 13, 1-8.
<http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/PRM13>.

Leng, R. A. and Preston, T. R. (1976). Sugar cane for cattle production: Present constraints, perspectives and research priorities. *Trop. Anim. Prod.* 1:1-27.

León, M. (2012). *Composición química y correlación entre la energía metabolizable calculada y la producción de gas in vitro en forrajes tropicales*. Tesis de Maestría publicada, Universidad “Ignacio Agramonte”, Camagüey, Cuba.

Leyva, J. (2012). *Evaluación de variedades de caña forrajera en las condiciones edafoclimáticas del norte de Las Tunas*. Tesis de Maestría publicada, Universidad “Camilo Cienfuegos”, Matanzas, Cuba.

Lima, M. L. P.; Silva, D. N.; Nogueira, J. R.; Landell, M. G. A. (2004). *Produção de leite e consumo de matéria seca de vacas alimentadas com cana de açúcar forrageira IAC86-2480*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41, Campo Grande, MS, Anais... Campo Grande: SBZ [2004] CD-ROM.

López, H. D., Sequera D. & Medina E. (2006). Balances de elementos en un agroecosistema de caña de azúcar: II. Balance de fósforo. *Tropicultura*, 24(1), 25-32.

López, I., E. Aranda, J. Ramos, y G. Mendoza. (2003). Evaluación nutricional de ocho variedades de caña de azúcar con potencial forrajero. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 37:381-386.

López, Y., Ramírez, J., Nieves, K y Fonseca, P. (2004). Valor nutritivo de variedades de caña de azúcar para forraje. *Pastos y Forrajes*, 27(3), 273-278.

Magalhães, A. L. R.; Campos, J. M. S.; Valadares Filho, S. C.; Torres, R. A.; Mendes Neto, J.; Assis, A. J. (2004). Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(5), 1292-1302.

Magalhaes, L. R. G.; Vasques, H. M.; da Silva, J. F. G. (1999). Bagazo hidrolisado e punta de cana-de-acucar (*Saccharum officinarum*) associados a duas fontes proteicas, na engorda de bovinos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28: 822.

Magaña, R., Aguirre, J., Aguirre, A., Martínez, S., Gómez, A., Lemus, C., et al. (2009). Entire sugar cane or sugar cane residues for feeding sheep. Chemical composition and in vitro degradability of canes. *Livestock Research for Rural Development*, 21(2), 12-19.

Mari, L. J., Nussio, L. G. y Schmidt, P. (2004, junio). *Magnitud de las alteraciones en la composición morfológica y el valor nutritivo de hierba Mandu mantenida a intervalos fijos entre cortes*. Documento presentado en la Reunión de la Sociedad Brasileira de Zootecnia, Campo Grande, Brasil.

Martín P. C. (2005). El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 39, 427-437.

Martín P. C. (2015). *La Alimentación del Ganado con Caña de Azúcar y sus Subproductos*. Editorial EDICA 238 pág. ISBN 978-959-717-68-3.

Martín, J. A. (2004). *A comparison of statistical methods to describe genotype x environment interaction and yield stability in multi-location maize trials*. Thesis for the degree Magister

Scientiae Agriculture. Bloemfontein, South Africa, Faculty of Agriculture, Department of Plant Sciences at the University of the Free State 100 p.

Martín, P. C. (2021). Forraje de caña de azúcar en la alimentación de bovinos: pasado, presente y futuro. Una revisión. (Sugarcane forage in cattle feed: past, present and future. A review.). *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 5(1), ISSN 2602-8220.

Martínez, S. (2008). *Heces vacunas depuestas como inóculo en la técnica de producción de gases para la valoración nutritiva in vitro de forrajes*. Disertación doctoral publicada, Ciencias Veterinarias. Universidad “Ignacio Agramonte”, Camagüey, Cuba.

Martínez, S., Pedraza, R., González, E., López, M. y Guevara, G. (2005). Influence of the donor animal on the in vitro gas production with the use of voided bovine faeces. *Livestock Research for Rural Development*, 17 (1), 12-19.

Martínez, V. A., Ribot, E. A., Villoch, C. A., Montes de Oca, N., Remón, D. D., & Ponce, C. P. (2017). Calidad e inocuidad de la leche cruda en las condiciones actuales de Cuba. *Revista de Salud Animal*, 39(1), 51-61. ISSN: 2224-4697.

McCray, J. M. and Swanson, S. (2020). *Soil Organic Matter Impacts on Sugarcane Production on Florida Mineral Soils*. U.S. Department of Agriculture, UF/IFAS Extension Service, University of Florida, IFAS, Florida A & M University Cooperative Extension Program, and Boards of County Commissioners Cooperating. Nick T. Place, dean for UF/IFAS Extension.

McCray, J. M., and S. Ji. (2018). “Sugarcane yield response to calcium silicate on Florida mineral soils.” *Journal of Plant Nutrition*, 41: 2413-2424.<http://doi.org/10.1080/01904167.2018.1510520>

Mello, S. Q. S. et al. (2006). Parâmetros do valor nutritivo de nove variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, 7(4), 373-380.

- Méndez, Y.**, Suárez, F. O., Verdecia, D. M., Herrera, R.S. Labrada, J.A., Murillo, B. and Ramírez, J.L. (2018). Caracterización bromatológica del follaje de *Moringa oleifera* en diferentes estadios de desarrollo. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(3), 337-349.
- Menke, K. H.**, Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. y Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. agric. Sci.*, 93: 217-222.
- Menke, K.H.** y Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28, 7–56.
- Milanés, N.**, López, J., María, C., Balance, N y Hervis, A. (1997). Recomendaciones en variedades de caña de azúcar para la ganadería en la provincia Habana. *ATAC*, 11(2), 13.
- Miranda S. J.** (2019). Produção agropecuária da agricultura familiar de Roque Gonzales. PESQ. AGROP. *GAÚCHA*, 25(3), 51-65. ISSN: 0104-907. ISSN online: 2595-7686. doi: <https://doi.org/10.36812/pag.201925351-65>.
- Mishra, K.** (2019). Evaluation of bud chip method for enhancing yield and economics of sugarcane. *International Journal of Chemical Studies*, 7(3): 1726-1729. P-ISSN: 2349–8528 E-ISSN: 2321–4902.
- Molavian, M.**, Ghorbani, G. R., Rafiee, H. and Beauchemin, K. A. (2020). Substitution of wheat straw with sugarcane bagasse in low-forage diets fed to mid-lactation dairy cows: Milk production, digestibility, and chewing behavior. *J. Dairy Sci.* 103:8034–8047 <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18499>
- Molina, A.** (1990). *Potencial forrajero de la caña de azúcar para la ceba de ganado bovino. Producción de carne en el trópico*. (2da.ed). La Habana, Cuba: EDICA. p. 225

Molina, A. y Valdez, G. (1998, junio). *Alternativas tecnológicas para la producción de leche y carne en las actuales condiciones de Cuba*. Ponencia presentada en Memorias del III Taller de Extensión Rural, La Habana, Cuba.

Molina, A., Leal, P., Vera, A., Milanés, N., Pedroso, D., Torres, V., et al. (2000, marzo). *Valor forrajero para la ganadería de variedades comerciales de caña de azúcar*. Documento presentado en el VI Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña. Diversificación 2000. La Habana, Cuba.

Molina, A., Tuero, O y Casido, A. (1995). *Desarrollo y aplicación comercial de una nueva tecnología para ceba de ganado basada en caña de azúcar*. Ponencia presentada en XXX Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. Seminario Científico Internacional. (pp. 90-92). La Habana, Cuba.

Montpellier, F. A. and T. R. Preston. (1977). Digestibility and voluntary intake on sugar cane diets: Effects of chopping the cane stalk in particles of different sizes. *Trop. Anim. Prod.* 2(1), 40-43.

Moore, P.H.; and Botha, F. C. (2014). *Sugarcane: Physiology, Biochemistry and Functional Biology*. John Wiley, New York, NY, USA. 693 p.

Moreno, F.L. (2007). *La caña panelera (*Saccharum officinarum*) en la alimentación del ganado*. Panela Monitor. [www. panelamonitor.org/documents/353/la-cana-panelera-saccharum-officinarum-en-la-alime/download/](http://www.panelamonitor.org/documents/353/la-cana-panelera-saccharum-officinarum-en-la-alime/download/) (consultado 24 set. 2018).

Mould, F. L., E. R. Ørskov and S. O. Mann. (1983). Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10:15-30.

- Munsif, F.**, Zahid, M. Arif, M., Ali, K. and Ahmad, I. (2018). Influence of planting date on yield and quality of sugarcane under the agro-climatic conditions of Mardan. *Sarhad Journal of Agriculture*, 34(3): 649-655. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2018/34.3.649.655>
- Muñoz, E.**; Elías, A.; Suárez, J. de D. (1986). Utilización de suplementos con altos contenidos de NNP en raciones forrajeras. 4- Efecto de la digestibilidad de la materia seca y orgánica de ensilados de gramíneas. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 20:137.
- Muñoz, E.**; Elías, A.; Suárez, J. de D. (1991). Utilización de suplementos con altos contenidos de NNP en raciones forrajeras. 5- Efecto de la proteína natural en el comportamiento productivo de las vacas lecheras en pasto de secano. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 25:19.
- Murillo, R. L. M.** (2017). *Estudio de factibilidad del agronegocio enfocado en la producción de agroforestales con especies arbóreas y herbáceas como cacao, teca y plátano en la finca La Esperanza ubicada en la vereda del Valle de San Juan, Tolima*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Administrador de Empresas Agropecuarias. Universidad de La Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá D.C., Colombia.
- NC 448: Norma Cubana.** *Norma de especificaciones de calidad para leche cruda*. 2006: p. 10.
- Obara, Y.**, Fuse, H., Terada, F., Shibata, M., Kawabata, A., Sutoh, M., Hodate, K. and Matsumot, M. (1994). Influence of sucrose supplementation on nitrogen kinetics and energy metabolism in sheep fed with lucerne hay cubes. *J. Agric. Sci.* 123:121-127.
- Oliveira, A. R.**; Braga, M. B. & Walker, A. M. (2015). Comportamento vegetativo e qualidade tecnológica de cultivares de cana-de-açúcar submetidas ao estresse hídrico em condições Semiáridas do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8, 525-541.

- Oliveira, M. S.**, Carvalho, J. A., Priscila, O. S. K., Ribero, A. J., Vieira, J., Endre, L. (2018). Caracterização morfológica e produtiva e suas correlações em cultivares de cana de-açúcar. *Ciênc Agrícola*, Rio Largo, 16(1), 31-42.
- Olivera, R. J.** (2017). *Diagnóstico del uso de la caña de azúcar (Saccharum spp.) como alimento en bovinos en el municipio de Jimaguayú*. Tesis de maestría no publicada, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.
- Oquendo, L. G.**, et al. (2011). *Manual: Tecnología para el fomento y explotación de pastos y forrajes*. Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias de Holguín. pp 150.
- Partelli, F. L.**, Ramos, C., Cayô A., Gontij, I. (2018). Propiedades de la fertilidad de un suelo cañero bajo diferentes tipos de gestión orgánica y convencional. *Cultivos Tropicales*, 2018, 39(4), 13-20.
- Pate, F. M.**, Alvarez J., Phillips J.D., Eiland B.R. (2002). Sugarcane as a cattle feed: Production and Utilization. *Bulletin 844*. University of Florida Extension. <http://corn.agronomy.wisc.edu/Crops/SugarCane.pdf>
- Paz, R. G.**, Jara, C. E. (2014). Endogeneidad y nuevos marcos institucionales para el Desarrollo Rural. El caso de los Agentes de Producción Animal (APA) en Santa Victoria Oeste (Argentina), Universidad de Santiago de Compostela. *Spanish Journal of Rural Development*, 1(4), 59-68.
- Pedraza, R. M.**; Fernández, Y.; Llanes, Ailsa; González, Cecilia. E.; León, Marlene. (2016). In vitro gas production of two new varieties of sugar cane (*Saccharum* spp. C97-366 and C99-374), selected for forage. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 50 (3), 479-483.

- Pérez, C. G.** (2019). *Métodos estadísticos para estimar la estabilidad y adaptabilidad fenotípica para la selección de cultivares de caña de azúcar*. CD Monografías 2019 (c), Universidad de Matanzas ISBN: 978-959-16-4317-9 Monografía.
- Posada, S. L.** y Noguera, R. R. (2005). Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*, 17(4), 12-19.
- Preston, T.R.** (1989). La caña de azúcar como base de la producción Pecuaria en el trópico. Sistemas de alimentación animal en el trópico basados en la caña de azúcar. *Colección GEPLACEA*, 79-104.
- Ramírez, C. H.**, Salcedo, M. A. C. C., Briones, E. F., Cárdenas, L., A., Lucero, M., F. A., Marcof, Á. C. et al. (2014a). Sugar cane tops (*Saccharum officinarum*) in the finalization of pelibuey sheep during the dry season in the tropics. *International Journal of Research in Agriculture and Food Sciences*, 2(1), 21-25. <http://www.ijsk.org/ijrafs.html>
- Ramírez, J.**, Burbano, O. I., & Valens, C. A. V. (2014b). Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 183-195.
- Rea, R.** et al. (2017). Interacción genotipo x ambiente y estabilidad del rendimiento en caña de azúcar. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* [online]. 70(2), 8129-8138. ISSN 0304-2847. <https://doi.org/10.15446/rfna.v70n2.61790>.
- Rea, R. O.**, Díaz, A., Ramón, M., Briceño, R., George, J. y Niño, M. (2014). Genotype environment interaction in sugarcane by AMMI and site regression models in Venezuela. *Rev Fac Agron (LUZ)*, 31, 362-376.
- Rein, P.** (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. (1ra.Ed.). Berlín: © Verlag.

- Reis, R. H. P.**; Abreu J. G.; Almeida, R. G.; Cabral, L. S.; Barros, L. V.; Cabral, C. E. A. (2019). Agronomic Characteristics, Chemical Composition and In vitro Gas Production of Sugarcane Cultivars (*Saccharum* spp.) for Feeding Ruminants. *Journal of Experimental Agriculture International*, 35 (1), 1-8.
- Reyes, G. J. A.** (2012). *Evaluación de la digestibilidad in situ de los nutrientes y variables ruminales del ensilado de caña de azúcar con diferente fuente de proteína*. Tesis publicada para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 82 p.
- Reyes, J. J.**, Verena T., March, J. M. and Hernández, Y. (2020). Analysis of factors influencing productivity of two dairy farms in Sancti Spíritus, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(4), 503-513.
- Reyes, J.J.**, Ibarra, A. Y., Valeria, E., Sara, R. and Torres, V. (2021). Evaluation of intake, productive performance and milk quality of cows grazing Brachiaria decumbens cv. Basilisk, with two grazing intensities during rainy season. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(3), 275-283.
- Rezende, A. V.**, Senedese, S. S.; Rabelo, C. H. S., Nogueira, D. A., Vieira, P. F., Rabelo, F. H. S. (2012). Composição química e digestibilidade in vitro da massa seca de cana-de-açúcar acrescida de ureia em diferentes tempos de estocagem. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, 13(1), 25-34 <http://www.rbspa.ufba.br> ISSN 1519 9940
- Rincón, A.**, y G.A. Ligarreto. (2010). Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 11:122-128. doi:10.21930/rcta.vol11num2art:202

Rincón, C. Á., Álvarez, de L. M., Pardo, B. O., Amaya, M.A. y Díaz, G. R.A. (2019). Estimación de la concentración de clorofila y su relación con la concentración de proteína cruda en tres especies del pasto Urochloa en el Piedemonte Llanero, Colombia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 7(5):533–537. DOI: 10.17138/TGFT(7)533-537

Roca, V. W. A. (2016). *Caracterización de Variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en los componentes estructurales agronómicos para la producción biotecnológica de alimento animal en la fabricación de Saccharina Rústica como suplemento alimenticio, en el cantón Junín, Ecuador.* Tesis publicada en opción del Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias para el Desarrollo de la Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Rodrigues, A. A., Primavesi, O. and Esteves, S. N. (1997). Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32:1333-1338.

Rodríguez, D. (2009). *Caña de azúcar en dieta completa o suplementada con concentrados en raciones de ceba. Comportamiento biológico y evaluación económica.* Disertación doctoral publicada, Ciencias Veterinarias. Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba.

Rodríguez, D., Martín, P., Alfonso, F., Enríquez, A y Sarduy, L. (2009). Forraje de caña de azúcar como dieta completa o semicompleta en el comportamiento productivo de toros mestizos Holstein x Cebú. *Ciencia Agrícola*, 43 (3), 231-234.

Rodríguez, R. (2012). *Perfeccionamiento del programa de mejora genética de la caña de azúcar (Saccharum spp.) para la obtención de nuevos genotipos tolerantes al estrés por déficit hídrico.* Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Santiago de Cuba, Cuba, Ministerio de Educación Superior, Universidad Agraria de la Habana. 123 p.

- Rosenstein, S.**, Campos, V., Murray, R., Duré, L. (2017). Conflictos urbano-rurales: Múltiples miradas. *AGROMENSAJES*, 47: 20-29.
- Ruiz, C.**, Urdaneta, J., Borges, J y Verde, O. (2009). Respuesta agronómica de cultivares de caña de azúcar con potencial forrajero a diferentes intervalos de corte en Yaracuy, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 27(2), 6-12.
- Ruiz, E.** (1979). *Utilización de la caña de azúcar en la producción de leche*. Tesis Doctor, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana.
- Ruiz, L.** (2012). Realidades y perspectivas del forraje de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) en la alimentación del ganado vacuno. *Ciencia y Tecnología Ganadera*, 6(3), 123-146.
- Ruiz, P. R. I.** y Guevara, V. R. V. (2021). Reseña sobre aspectos nutricionales para el desarrollo sostenible de sistemas ganaderos basados en pastos y forrajes tropicales. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 5(2), 14p.
- Sakaigaichi, T.** & Terajima, Y. (2008). Development and extension of sugarcane cultivar as forage crop 'KRFo93-1'. *Journal of Agricultural Science*, 63, 24–29.
- Sakaigaichi, T.** et al. (2010). The growth and yield of the ratoon crop of forage sugarcane variety, KRFo93-1, in twice harvesting system. *Jpn. J. Crop Sci.*, 79, 414-423 [In Japanese with English summary].
- Sakaigaichi, T.**, Tarumoto, Y., Hattori, I., Maruyama, A., Terauchi, T., Matsuoka, M., et al. (2015). The Growth and Yield of KRFo93-1 as Forage Sugarcane Variety Under Two Harvests Per Year at Different Harvest Times. *Jpn. J. Crop Sci.* 84 (1), 41- 48.
- Salazar, O. J.**, Trejo, T. L. I., Valdez, B. A., Sentíes, H. H. E., Rosas, R., M., Gallegos, S., J., Gómez, M. F. C. (2017). Caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la alimentación de rumiantes: experiencias generadas con cañas forrajeras. *Agroproductividad*, 10 (11), 70-75. Recuperado

el 6 de enero de 2019, de:

<http://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/62/57>

Sales, J. E. C., Spínola, L. J. E., dos Reis, T. S., Monção, P. F., Rigueira, S. J. P. and Delvaux, N.

A.J. (2017). Phenolic acids and ruminal parameters of different varieties of sugarcane in natura or ensiled. *Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá*, 39(1), 35-43. Doi: 10.4025/actascianimsci.v39i1.31470

Sansoucy, R. (1986). Fabricación de bloques de melaza y urea. *Revista Mundial de Zootecnia*. (57): 40-48.

Santana, I., Santos, J., Guillén, S., Sánchez, M., Velarde, E., Jorge, H. et al. (2014). *Instructivo Técnico para la Producción y Cultivo de la Caña de Azúcar*. La Habana, Cuba.: Pueblo y Educación. pp.203.

Santos, A. B.; Pereira, M. L. A., Azevedo, S. T., Signoretti, R. D., Siqueira, G. R., Mendonça, S. de S. et al. (2012). Vacas lactantes alimentadas com silagem de cana-de-açúcar com e sem aditivo bacteriano: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, 13(3), 720-731. Disponible en: <http://www.rbspa.ufba.br>

Santos, C. D. A. (2015). *Produção e qualidade da forragem de três variedades de canade-açúcar no agreste alagoano*. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Rio Largo, Alagoas, Brasil. 64 p.

Senra, A. y Venereo, A. (1986). Métodos de muestreo. En: Los pastos en Cuba. (Tomo 1). La Habana, Cuba: EDICA.

Sentíes, H. H. E., Gómez, M. F. C., Loyo, Joachin, R. (2016). El mejoramiento genético de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en México: Una historia de éxito con nuevos desafíos. *Agroproductividad*, 9: 8-13.

Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE). (1999). Manual de Procedimientos para los Laboratorios de Suelos y Plantas. INICA, La Habana, Cuba. 32p.

Servicio de Recomendación de Variedades y Semillas (SERVAS). (2021). Informe Provincial de Variedades y Semillas. INICA, Camagüey, Cuba. 36p.

Sieiro, M. G. L., Fernández, G. Y., Machado, L. Y., Hernández, L. A., Hermida, B. Y., Montes, A. D. y Fernández, C. Y. (2018). *Valor forrajero de cinco cultivares de caña de azúcar recomendados para la alimentación animal*. Memorias del VI Congreso de Producción Animal Tropical 2018. ISBN: 9789-959-7171-80-5. La Habana, Cuba 2018. CD-ROM Resumen ampliado, páginas: 409-412.

Silva, A. E., M., Lira, A. T., Ferreira, M. A., Barros, L. J. A., Melo, T. T. B., Siqueira, T. D. Q., et al. (2015). Sugar cane bagasse as roughage in sheep diet. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, 16(1), 118-129. <http://www.rbspa.ufba.br> ISSN 1519 9940 118

Silva, M. A.; Rodrigues, A.A. (2010). Composição bromatológica da cana-de-açúcar como forrageira em função da altura de corte e da época de colheita. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Pernambuco, 5(4), 621-626.

Silva, R.V.M.M., Rossiello, R.O.P., Barbieri, J. É., Morenz, M. J. F. (2009). *Relação entre o acúmulo foliar de nitrogênio e leituras de um clorofilômetro, no capim Tifton 85*. Anais do XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, São José dos Campos, SP, Brasil, 16–17 octubre 2009.

- Silva, S. F.**, Olivares, F. L., & Canellas, L. P. (2017). The biostimulant manufactured using diazotrophic endophytic bacteria and humates is effective to increase sugarcane yield. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0106-8>
- Silva, V. S. G.**, Oliveira, M. W., & Ferreira, V. M. (2018). Nutritional requirement of sugarcane cultivars. *Journal of Agricultural Science* (Toronto), 10(4), 361-369.
- Silvera, R. C.**, Urdaneta, J., Borges, J. y Verde, O. (2009). Respuesta agronómica de cultivares de caña de azúcar con potencial forrajero a diferentes intervalos de corte en Yaracuy, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 27(2): 1-8.
- Silvetti, F.** (2020). Representaciones campesinas sobre los servicios forrajeros del Chaco Seco en Córdoba. *FAVE - Ciencias Agrarias*, 19(1): 81-95.
- Silvetti, F.**, Cáceres, D., Soto, G. & Cabrol, D. (2018). Condiciones de persistencia campesina y dinámica del agronegocio en el norte de la provincia de Córdoba. *FAVE - Ciencias Agrarias*, 17(1): 57-70. DOI: <https://doi.org/10.14409/fa.v17i1.7649>
- Singh, P.**, Singh, S. N., Tiwari, A. K. et al. (2019). Integration of sugarcane production technologies for enhanced cane and sugar productivity targeting to increase farmer income: strategies and prospects. *Biotech*, 9(48). <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1568-0>
- Siqueira, G. R.**, Roth, M. de T. P., Moretti, M. H., Benatti, J. M. B., & Resende, F. D. de. (2012). Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(4), 991-1008. <https://dx.doi.org/10.1590/S151999402012000400011>
- Soarez, M. F.**, Teresinha, T., Dias, R., Ferreira, A., and da-Silva, J. A. (2012). Metabolism and ruminal parameters of Holstein × Gir heifers fed sugarcane and increasing levels of crude protein. *R. Bras. Zootec.* 41:2101-2109. doi:10.1590/S151635982012000900019

Souza, A. D. V., Fávaro, S. P., Ítavo, L. C. V., Roscoe, R. (2009). Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(10), 1328–1335. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001000017>

Spencer, B. M. C., Loyola, O. C. J.; Lascano, A. P. J.; Arcos, Á. C. N.; Bertot, V. J. A.; Guevara, V. G. E. et al. (2018). Influencia del nivel de alimentación y la estrategia de pariciones anuales en la eficiencia bioeconómica de micro-lecherías. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 2(2), 43-55. ISSN 2602-8220.

STATGRAPHICS Centurion/PC para Windows Paquete estadístico. Versión. 15.1. [Programa de computación]. (2006). [s.l.]: [s.n.].

Stuart, R. (2002). *Selección de variedades de caña de azúcar forrajeras. El aporte del Instituto de Ciencia Animal*. Foro Internacional La caña de azúcar y sus derivados en la producción de leche y carne, La Habana.

Suárez, B. O. J., Jorge, S. H., Delgado, M. I., Casanova, C. E., Álvarez, G. Y., Moreno, L. X., et al. (2018). Composición química y fenológica de ocho cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) para su recomendación en la alimentación de rumiantes. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 52(1), 7-12.

Suárez, O., Jorge, H., García, H., Jorge y I., Felicia, M. (2006, octubre). *Variedades de caña de azúcar para la alimentación del ganado vacuno*. Documento presentado en el VI Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña. Diversificación 2006. La Habana, Cuba.

Sutoh, M., Obara, Y. and Miyamoto, S. (1996). The effect of sucrose supplementation on kinetics of nitrogen, ruminal propionate and plasma glucose in sheep. *J. Agric. Sci.* 126: 99-105.

Teodoro, I., J. D., Holanda, L. A.G., Neto, D. S., Souza, J. L., Barbosa G. V. S. and Lyra, G. B. (2015). Weather variables, water balance, growth, and agro industrial yield of sugarcane. *Engenharia Agríc* (Online). 35: 76-88.

Timana, S. M., Echevarría, M. G. R., Buendía, M. M. A., Cordero, R. A. C. (2017). Alimentar con cogollo de caña tratado hace más eficiente los costos de producción de leche en vacuno. *Agroindustrial science*, 7(2): 67 – 71. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/agoind.sci.2017.02.02>

Torres, J. (2009). Manejo de la caña de azúcar para forraje en la producción de carne bovina. *Agronomía Tropical*, 29(1), 165-183.

Torres, J. A. (2011). *Alternativas para alimentación de bovinos con base en la caña de azúcar*. LAICA, CRC. <https://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet?c=443&s=2521&d=32915> (consultado 21 mar. 2019).

Torres, N., Aranda, E., Mendoza, G., Hernández, D., Hernández, A., Landois, L., et al. (2007). Consumo y producción de leche de vacas de doble propósito, suplementadas con Saccharina elaborada con caña de azúcar quemada. *Ciencia Agrícola*, 41(3), 223-226.

Urdaneta, J. (2010). *¿Por qué caña forrajera en la alimentación del bovino?* In: Memoria del XV Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal 2010. Tarabana, Venezuela. http://www.avpa.ula.ve/congresos/xv_congreso/xvcongreso_memorias/

Urdaneta, J., Ruiz, C y Medina, W. (2005). Germinación de variedades experimentales y comerciales de caña de azúcar para selección con fines forrajeros. *Caña de Azúcar*, 23 (1-2), 5-15.

Valenciaga, D., (2007). *Caracterización química y estructural de las paredes celulares de Pennisetum purpureum vc. CUBA CT-115 y su degradabilidad ruminal en búfalos de río (Bubalis bubalus)*. Disertación doctoral publicada, Ciencias Veterinarias. Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba.

Valladares, F., Torres, I., Montalván, J., León, P., Vallina, J., Hernández, L., et al. (2009). Establecimiento de los modelos matemáticos que describen la velocidad de crecimiento en la acumulación de materia seca de tres variedades de caña de azúcar con diferentes dinámicas de maduración. *Cuba & Caña*, 4(1), 23-28.

Vardanega, R., Prado, J. M., Meireles, M., & Angela, A. (2015). Adding value to agri-food residues by means of supercritical technology. *The Jour of Superc Fluids*, 96, 217-227. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.09.029>

Verma, K. K., Hui, L. X., Chao, W. K., Kumar, S. R., Qi, S. Q., Kumar, M. M. et al. (2020). The impact of silicon on photosynthetic and biochemical responses of sugarcane under different soil moisture levels. *Springer Nature, Silicon* <https://doi.org/10.1007/s12633-019-00228-z>

Vidal, M. F. (2018). *SetorSucroenergético Nordestino* (pp. 1-14). Caderno Ed. Etene/BNB. https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://pdfs.semanticscholar.org/dd36/2a84b9ee0e5efa2a386829e9d3d627833712.pdf&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=16108635868151682798&ei=b3FFXp_cKYvJsQLbo73gCg&scisig=AAGBfm3sKkMnWeUW1HWGuwqdfOQcGnwZ9w

Voltolini, T. V., Silva, J. G., Silva, W. E. L., Nascimento, J. M. L., Queiroz, M. A. Á., Oliveira, A. R. (2012). Valor nutritivo de cultivares de cana-de-azúcar sob irrigação. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, 13(4), 894-901. Disponible en: <http://www.rbspa.ufba.br> ISSN 1519-9940

- Walter, A.**, Galdos, M. V., Scarpone, F. V., Leal, M. L. R. V., & Seabra, J. A. (2015). Brazilian Sugarcane Ethanol: Developments so far and Challenges for the Future. *Adv. in Bioener.*, 373-394. <https://doi.org/10.1002/wene.87>
- Yan, W.** (2001). GGEbiplot—A Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. *Agron. J.* 93: 1111–1118.
- Yan, W.**, and Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 86: 623–645.

Anexos

Anexo 1. Variedad forrajera C99-374 a los nueve meses de edad.

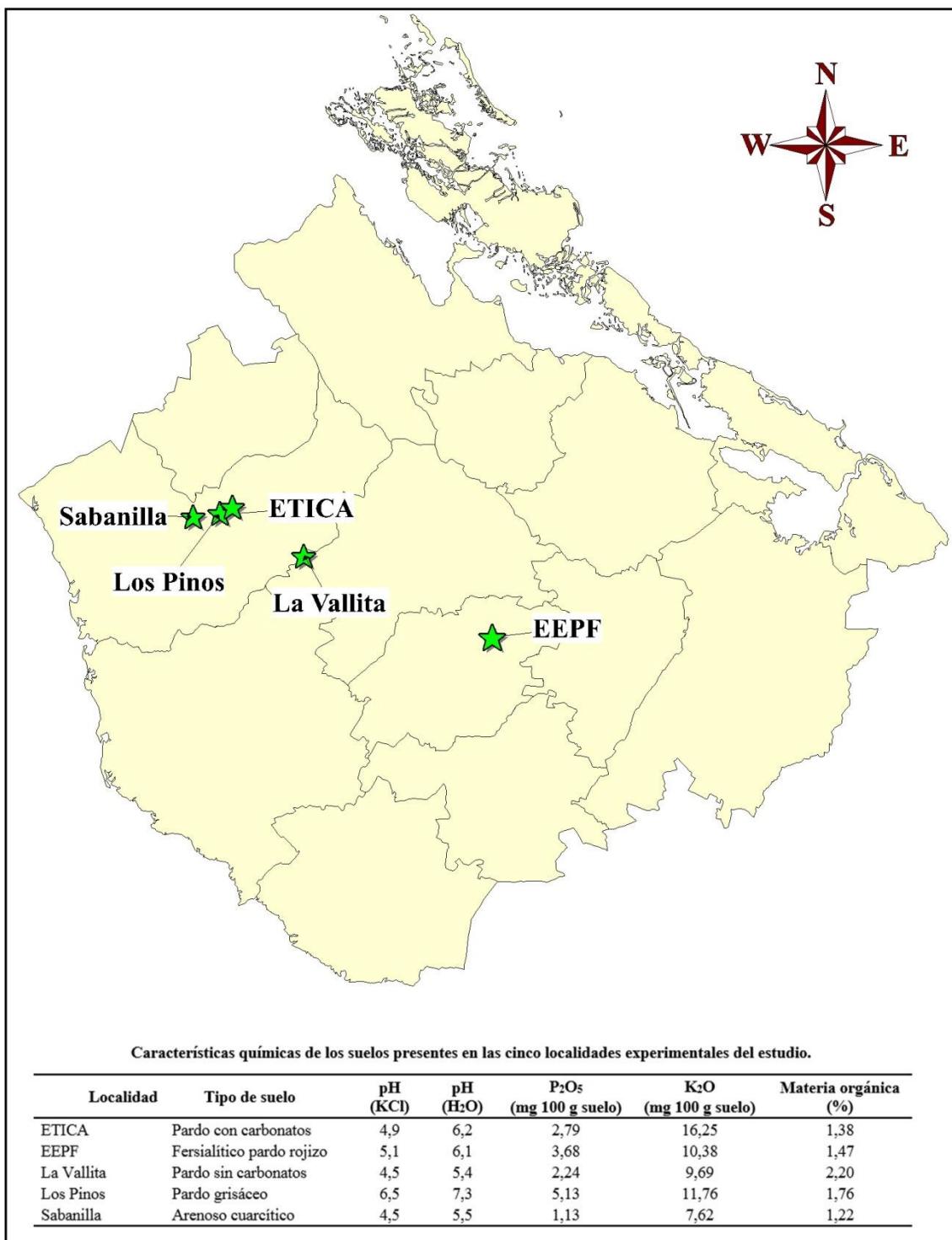


Anexo 2. Variedad forrajera C97-366 a los nueve meses de edad.



Anexo 3. Variedad testigo My5514 a los nueve meses de edad.





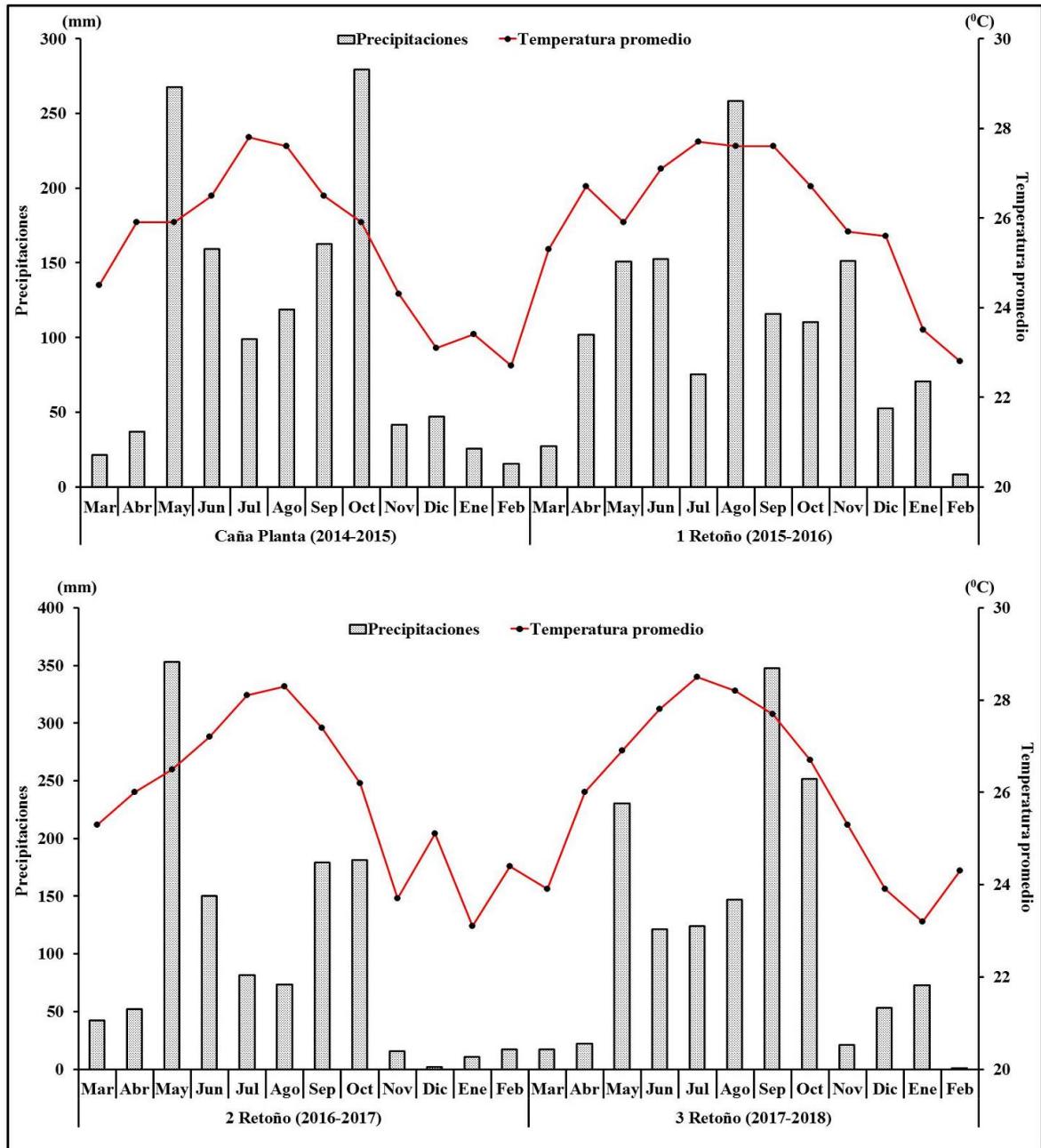
Anexo 4. Localización de las cinco localidades donde se establecieron los estudios de campo.

Anexo 5. Efecto de la variedad, la localidad y la cepa en la producción de biomasa verde.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p	% SCT
Efectos principales						
A: Variedad	13694	2	6847	162,36	0,000000	10,47
B: Localidad	56423	4	14106	334,49	0,000000	43,17
C: Cepa	31821	1	31821	754,58	0,000000	24,35
Interacciones						
A x B	22661	8	2833	67,17	0,000000	17,34
A x C	460	2	230	5,46	0,006733	0,35
B x C	2267	4	567	13,44	0,000000	1,73
A x B x C	861	8	108	2,55	0,018700	0,65
Réplica	44	2	22	0,52	0,597711	0,03
Error	2446	58	42			1,87
Total	130677	89				

Anexo 6. Efecto de la variedad, la localidad y la cepa en la producción de biomasa seca.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p	% SCT
Efectos principales						
A: Variedad	1154,2	2	577,1	104,43	0,000000	9,27
B: Localidad	5826,5	4	1456,6	263,60	0,000000	46,82
C: Cepa	2305,1	1	2305,1	417,14	0,000000	18,52
Interacciones						
A x B	2487,3	8	310,9	56,26	0,000000	19,98
A x C	44,9	2	22,4	4,06	0,022382	0,36
B x C	131,0	4	32,8	5,93	0,000454	1,05
A x B x C	162,0	8	20,2	3,66	0,001623	1,30
Réplica	12,6	2	6,3	1,14	0,327627	0,10
Error	320,5	58	5,5			2,57
Total	12444,1	89				



Anexo 7. Temperatura promedio y precipitaciones mensuales durante el estudio.

Anexo 8. Encuesta utilizada en el estudio propuesta por Fernández *et al.* (2014).

USO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS

• Caracterización de la Finca

- Nombre de la finca: _____
- Área total de la finca (ha): _____
- Área destinada al pastoreo (ha): _____
- Área con marabú (ha): _____
- Área de silvopastoreo (ha): _____
- Cantidad de Bovinos (UGM): _____

• Recursos con que dispone la finca

- Dispone de agua: _____ Todo el año: _____
- Dispone de sales minerales: _____ Todo el año: _____
- Dispone de urea: _____ Todo el año: _____
- Dispone de concentrado (pienso): _____ Todo el año: _____
- Suplementos: _____
- Máquina troceadora: _____

• Utilización de la caña de azúcar como complemento de la dieta animal

(En caso de utilizar la caña responda los siguientes aspectos)

- Procedencia de la semilla: _____
- Área plantada: _____
- Variedad (es): _____
- Conoce las variedades recomendadas: _____
- Fertiliza el área plantada: _____

- Tipos de fertilizantes químicos u abonos orgánicos empleados: _____

- Dispone de riego: _____
- Edad que efectúa el corte para su consumo (meses): _____
- Número de cortes realizados: _____
- Conoce el rendimiento del área (t biomasa verde ha^{-1}): _____

- **Forma en que se suministra:**

- Integral (entera): _____
- Troceada (machete): Hojas-Cogollos _____ Tallos _____
- Molida: _____
- Molida + urea: _____
- Molida + sales minerales: _____
- Molida + urea + sales minerales: _____
- Molida + leguminosas (tipo de especie): _____
- Molida + gallinazas: _____
- Molida + concentrado: _____

- **Indicadores productivos de la masa bovina (período seco).**

- Producción media (l leche vaca $^{-1}$ día $^{-1}$): _____
- Peso promedio al sacrificio kg animal $^{-1}$ (ceba): _____
- Edad promedio al sacrificio (meses): _____

- **Causas por las que no se emplea la caña de azúcar en la alimentación bovina.**

- Falta de capacitación: _____

- Disponibilidad de semilla de variedades recomendadas: _____
- Carencia de recursos financieros: _____
- Déficit de fuerza de trabajo: _____
- Disponibilidad de área para plantar: _____
- Déficit de maquinarias: _____
- Déficit de implementos agrícolas: _____
- Cuenta con otros alimentos forrajeros (cuáles): _____

- Está de acuerdo con su uso: _____
- Otras razones: _____

- **Indicadores productivos de la masa bovina (período seco).**

- Producción media (l leche vaca $^{-1}$ día $^{-1}$): _____
- Peso promedio al sacrificio kg animal $^{-1}$ (ceba): _____
- Edad promedio al sacrificio (meses): _____

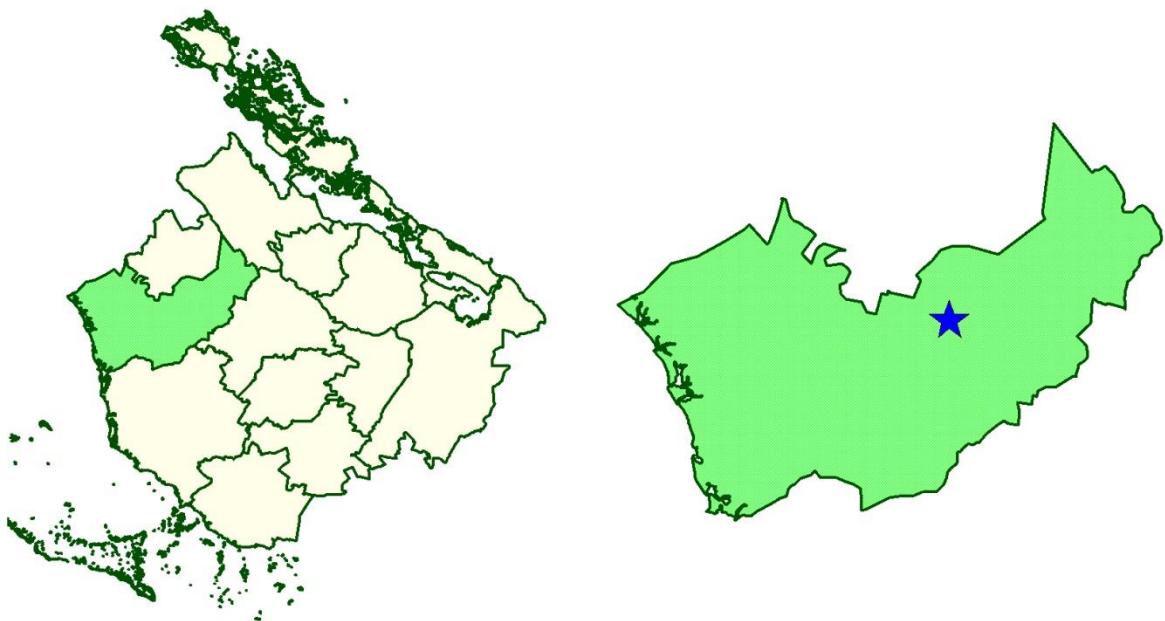
- **Actitud del productor.**

Está de acuerdo en recibir una capacitación: _____

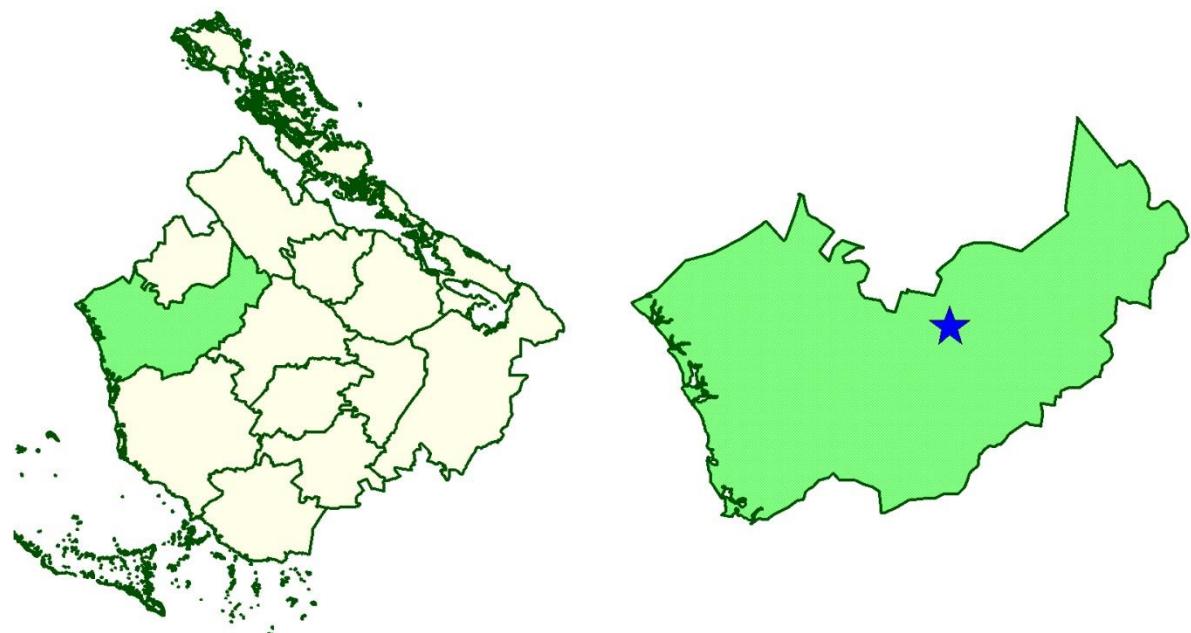
Anexo 9. Guía de la entrevista en profundidad.

- Autopresentación del entrevistador
 - Presentación del investigador.
 - Objetivos generales del estudio.
- ¿Considera que hay diferencias entre estas variedades forrajeras de caña de azúcar y las utilizadas para la industria azucarera?
 - Brotación y establecimiento.
 - Producción de biomasa.
 - Relación hoja: tallo.
 - Presencia de pelos o tricomas (espinas).
 - Capacidad de rebrote, persistencia al corte.
 - Resistencia a sequía e inundaciones.
 - Resistencia a plagas y enfermedades.
 - Adaptación a suelos de baja capacidad agroproductiva.
 - Aceptación y consumo por los bovinos.
 - Respuesta productiva de los bovinos.
- ¿Considera importante continuar con el trabajo de selección de nuevas variedades de caña de azúcar con fines forrajeros?
 - ¿Cuáles serían sus sugerencias para futuras investigaciones en la temática?
 - ¿Qué recomienda realizar para introducir estas variedades forrajeras en las principales áreas ganaderas de la provincia y el país de la manera más inmediata posible?

Anexo 10. Localización de la Finca La Nueva Aurora.



Anexo 11. Localización de la Finca La Cubanita.



Anexo 12. Elaboración de harina de *Leucaena leucocephala* para bloques multinutricionales.



Anexo 13. Elaboración de bloques multinutricionales.



Anexo 14. Caracterización azucarera de las variedades de caña de azúcar en los tres períodos evaluados durante las pruebas de consumo y producción de leche.

Indicadores	C99-374			C97-366			My5514		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
Brix en jugo	19,80	20,00	20,00	20,40	20,80	21,00	21,00	21,00	21,20
Pol en jugo (%)	17,29	17,51	17,49	18,00	18,62	18,68	19,32	19,46	19,58
Pureza (%)	87,32	87,55	87,45	88,24	89,52	88,95	92,00	92,67	92,36
Fibra en caña (%)	12,56	12,60	12,72	13,14	13,39	13,42	14,11	14,06	14,03
Pol en caña (%)	15,12	15,30	15,27	15,63	16,13	16,17	16,59	16,73	16,83
Sacarosa real (%)	16,21	16,59	16,74	17,52	17,89	17,96	18,65	18,73	18,83
Azúcares reductores (%)	0,82	0,84	0,85	0,89	0,83	0,85	0,54	0,52	0,45
pH en jugo	5,39	5,40	5,41	5,43	5,40	5,51	5,39	5,42	5,46

Anexo 15. Determinación de la disponibilidad de pasto en las fincas.



Anexo 16. Determinación del consumo de forraje de caña fresca.



Anexo 17. Proceso de toma de muestras para determinar calidad de leche cruda.



Anexo 18. Animales en estudio pastando y productor ordeñando.



Anexo 19. Determinación de contenido de clorofillas en hojas de caña de azúcar.

