



Ministerio de Educación Superior
Universidad “Ignacio Agramonte Loynaz”
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal



**INDICADORES DEL VALOR NUTRITIVO *IN VITRO* DE DOS NUEVOS
CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) PARA FORRAJE.**

Tesis en opción al Título de Máster en Producción Animal Sostenible. Mención Bovina.

Autor: Ing. Yoslen Fernández Gálvez.

2015

“Año 57 de la Revolución”.



Ministerio de Educación Superior
Universidad "Ignacio Agramonte Loynaz"
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal



**INDICADORES DEL VALOR NUTRITIVO *IN VITRO* DE DOS NUEVOS
CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) PARA FORRAJE.**

Tesis en opción al Título de Máster en Producción Animal Sostenible. Mención Bovina.

Autor: Ing. Yoslen Fernández Gálvez.

Tutor: Ing. Redimio Manuel Pedraza Olivera. Dr.C.

2015

"Año 57 de la Revolución".

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.

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 esposa **Iraida Quiñones Peláez**, por su ayuda y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.*

*A mi segundo padre **Víctor Antonio Pérez Olazábal**, por ser la persona que me ha formado y guiado durante todos estos 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.*

AGRADECIMIENTOS

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

A mi tutor el Dr. Redimio Manuel Pedraza Olivera, por su sabia y oportuna guía durante cada etapa de este trabajo.

A mi amigo, casi hermano, el Ing. Jesús Alexander Sánchez Gutiérrez, por su ayuda incondicional en cada una de las etapas de este estudio y por la revisión de las referencias bibliográficas de este documento para su redacción en las Normas APA-5.

A la Lic. Ailsa Llanes Díaz, por su apoyo y por darme el ánimo y las fuerzas necesarias para la culminación exitosa de este trabajo.

A los técnicos Iraida Quiñones Peláez; Mario Roig Santana; Oscar Cervantes Pellán; Yuniel Reyes Arza y Jorge Hernández Reina de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA), por su ayuda incondicional en la plantación, evaluaciones, recolección y secado de las muestras en cada una de las etapas del estudio.

A los Investigadores M.Sc. Yaquelin Puchade Izaguirre y M.Sc. Edilberto García Licea de la ETICA Oriente-Sur, por la realización de los análisis de composición química de las muestras de caña de azúcar en el Laboratorio Territorial de Nutrición y Suelos Oriente-Sur Santiago de Cuba.

A las compañeras M.Sc. Marlene León González y M.Sc. Cecilia E. González Pérez, por la realización de las pruebas de digestibilidad in vitro en el Laboratorio de Control Agroambiental (LABCA) perteneciente al Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal (CEDEPA) de la Universidad de Camagüey.

Al Director de la ETICA Centro-Oriental M.Sc. Arlandy Noy Perera y la Subdirectora del Departamento de Fitomejoramiento M.Sc. Isabel Cristina Torres Varela, por facilitar el tiempo y algunos de los medios para elaborar este trabajo.

Al Investigador Auxiliar de la ETICA Centro-Oriental Félix Pablo Valladares Arrocha, por sugerirme la investigación encaminada a la obtención y recomendación de nuevos cultivares de caña de azúcar para uso forrajero.

Al Investigador Auxiliar M.Sc. Joaquín Montalvan Delgado de la ETICA Centro-Oriental, por sus oportunas aclaraciones a las dudas que surgieron durante la elaboración de este documento.

Al Dr. C. Eugenio García del Risco por brindarme la información necesaria acerca de los minerales en el cultivo de la caña de azúcar.

A todos los trabajadores de la Estación Agrometereológica de Florida, por permitirme la búsqueda en internet de bibliografías relacionadas con la temática y por brindarme toda la información de las variables climáticas durante el período en que se llevó a cabo el estudio.

A todos mis compañeros de la ETICA Centro-Oriental 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 esta página.

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.

“A TODOS, SINCERAMENTE, MUCHAS GRACIAS”.

RESUMEN

El objetivo general de esta tesis es valorar indicadores del valor nutritivo *in vitro* de dos nuevos cultivares de caña de azúcar seleccionados para forraje por el Departamento de Fitomejoramiento de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Oriental de Camagüey, particularmente los relacionados con la composición química (MS, cenizas, PB, P y K) y degradabilidad ruminal. Se desarrollaron análisis químicos en diferentes fracciones de la planta (Integral, cogollo y tallo) a diferentes edades de rebrote (seis, ocho y 11 meses) y estudios de producción de gas *in vitro* de la fracción integral en estas mismas edades. Se utilizó como testigo el cultivar forrajero My5514. Se realizaron análisis de varianza, correlaciones lineales y conglomerados. Se utilizaron los programas estadísticos CurveExpert. Versión 1.34 (1997), STATGRAPHICS versión 5.0 (2005) y SPSS versión 15.0 (2006). Los resultados demostraron que los indicadores de la composición química *in vitro* de los cultivares varían con la edad y fracción de la planta. El C97-366 aporta el mayor rendimiento de nutrientes por unidad de superficie a los 11 meses de edad de rebrote en la fracción del cogollo. En las fracciones del tallo e integral los tres cultivares mostraron valores muy similares. Los cultivares alcanzaron los mayores valores de digestibilidad *in vitro* a los ocho meses de edad de rebrote. Los resultados de los indicadores del valor nutritivo *in vitro* demostraron que los nuevos cultivares C97-366 y C99-374 poseen un mejor valor nutritivo *in vitro* que el testigo My5514, lo que avala su utilización como fuentes de forraje en la alimentación de rumiantes.

ABSTRACT

The general objective of this thesis is to value *in vitro* nutritive value indicators of two new sugarcane cultivars for forage selected by the Department of Plant improvement of the Sugarcane Research Territorial Station Camagüey, particularly those related with the chemical composition (MS, ash, PB, P and K) and ruminal degradability. Chemical analysis in different fractions of the plant (whole plant, sugarcane top and stalk) at different shoot ages (six, eight and 11 months) and gas *in vitro* production studies of the whole plant fraction in these same ages were developed. The My5514 cultivar was used as control. Variance, lineal correlations and cluster analysis were carried out. The CurveExpert. Version 1.34 (1997), STATGRAPHICS version 5.0 (2005) and SPSS version 15.0 (2006) statistical programs were used. The results demonstrated that sugarcane cultivars *in vitro* chemical composition indicators vary with the age and plant fraction. The C97-366 cultivar reached the biggest nutrients yield for surface unit at 11 months shoot age in the sugarcane top fraction. In the stalk and whole plant fractions the three cultivars showed very similar values. The cultivars reached the biggest *in vitro* digestibility values at eight months shoot age. The *in vitro* nutritive value indicators demonstrated that C97-366 and C99-374 new sugarcane cultivars have a better *in vitro* nutritive value than My5514 control, that affirm their use like forage sources in the ruminant feeding.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

| Abreviaturas | Significado |
|----------------|--|
| AOAC | Association of Official Analytical Chemist (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales) |
| B | Potencial de producción de gas <i>in vitro</i> |
| C | Velocidad de producción de gas <i>in vitro</i> |
| CEDEPA | Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal |
| EPICA | Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar |
| ETICA | Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar |
| ES | Error estándar |
| HR | Humedad relativa |
| ICA | Instituto de Ciencia Animal |
| INICA | Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de azúcar, Cuba |
| K | Potasio |
| LABCA | Laboratorio de Control Agroambiental, perteneciente al CEDEPA |
| <i>lag</i> | Fase de latencia o colonización |
| MINAZ | Ministerio del Azúcar |
| m.m.a | Medio mineral amortiguado |
| MO | Materia orgánica |
| MS | Materia seca |
| N | Nitrógeno |
| NNP | Nitrógeno no proteico |
| N: S | Relación nitrógeno azufre |
| P | Fósforo |
| PB | Proteína bruta |
| Prec. | Precipitaciones mensuales |
| PV | Peso vivo |
| R ² | Coeficiente de determinación |
| r | Coeficiente de correlación |
| SERFE | Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas |
| T _m | Temperatura media |
| \bar{x} | Media general |

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 5 |
| I.1 Origen y evolución de la caña de azúcar..... | 5 |
| I.1.1 Características botánicas de la caña de azúcar..... | 6 |
| I.2 Valor nutritivo de los alimentos..... | 8 |
| I.2.1 Valor nutritivo de la caña de azúcar..... | 8 |
| I.3 Composición química de los alimentos..... | 13 |
| I.3.1 Composición química de la caña de azúcar..... | 14 |
| I.4 Digestibilidad de los alimentos..... | 16 |
| I.4.1 Digestibilidad de la caña de azúcar..... | 19 |
| I.5 Producción de gas <i>in vitro</i> | 22 |
| I.5.1 Gas <i>in vitro</i> con heces depuestas..... | 24 |
| II MATERIALES Y MÉTODOS..... | 27 |
| II.1 Localización..... | 27 |
| II.2 Clima..... | 27 |
| II.3 Características edáficas..... | 27 |
| II.4 Plantación, atenciones culturales y corte de establecimiento..... | 28 |
| II.5 Tratamiento y diseño experimental..... | 29 |
| II.6 Colección de muestras de forraje..... | 30 |
| II.7 Manejo y procesamiento de las muestras..... | 30 |
| II.8 Determinación de la composición química..... | 31 |
| II.9 Determinación del rendimiento de nutrientes..... | 31 |
| II.10 Determinación de la digestibilidad <i>in vitro</i> | 32 |
| II.11 Análisis estadísticos..... | 33 |
| III RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 35 |
| CONCLUSIONES..... | 68 |
| RECOMENDACIONES..... | 69 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 70 |
| ANEXOS..... | 92 |

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población mundial en el presente siglo, sin resultados productivos que permitan paliar la actual crisis alimentaria, es una razón a tener en cuenta por las serias limitaciones que enfrentan principalmente los países en vías de desarrollo para alimentar a millares de seres humanos, lo que trae consigo el aumento de los índices de pobreza, la desnutrición, el hambre, la destrucción del medio ambiente y la incidencia de enfermedades que afectan a una buena parte del planeta (Martínez, 2008).

Esta dura realidad obliga necesariamente a las personas y los sectores organizados, a buscar nuevas y convenientes alternativas que permitan un desarrollo sostenible, donde la satisfacción de las necesidades del presente no comprometa que las futuras generaciones satisfagan sus propias necesidades. Es a partir de ahí que la diversificación y el aprovechamiento de los recursos disponibles se convierten en importantes y efectivos instrumentos para lograr satisfacer esa meta.

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 (Fernández *et al.*, 2014a).

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 en Cuba (noviembre a abril), en el cual se presenta una baja disponibilidad de pastos en cantidad y calidad en las principales áreas ganaderas del país.

El uso de la caña de azúcar como alimento para rumiantes ha devenido una práctica importante bajo las condiciones de Cuba, ya que es poco probable que los pastos y forrajes tradicionales, logren rendimientos superiores a 15 t de MS/ha, en condiciones de secano. Además, el momento óptimo para la cosecha de dicho cultivo, coincide con la época de mayor escasez de alimento para el ganado, lo que sugiere, que en el trópico esta planta constituye una alternativa para complementar el déficit de pastos y forrajes durante el período poco lluvioso (Rodríguez, 2009).

Sin embargo, por las características que tiene actualmente el esquema de selección para este cultivo en Cuba, algunos individuos, a pesar de no reunir ciertos caracteres para ser recomendados como cultivares comerciales en la producción de azúcar, sí pudieran ser preseleccionados para posteriormente ser evaluados como posibles genotipos a utilizar como alimento animal en las principales zonas ganaderas del país, en el caso de que los mismos reúnan los requisitos que se requieren para dicho fin.

Esto motivó a que se realizara un trabajo de preselección por parte del Departamento de Fitomejoramiento en áreas de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental de Camagüey en busca de posibles genotipos con potencialidades para la alimentación animal, en el cual se

obtuvieron un total de 106 individuos. Los que se evaluaron para determinar sus caracteres forrajeros (EPICA, 2010).

Sobre la base de los resultados obtenidos se continuaron estudios con dos nuevos cultivares que mostraron características superiores al resto de los individuos, los que manifestaron potencialidades forrajeras.

Si se tiene en cuenta los avances alcanzados en el campo de la nutrición de los rumiantes, es necesario el conocimiento cada vez más preciso del valor nutritivo de los forrajes, por constituir una porción muy importante en la ración alimenticia de los bovinos y ser además una fuente económica, viable y sostenible (León, 2012).

PROBLEMA:

No existe información de los indicadores del valor nutritivo *in vitro* de dos nuevos cultivares de caña de azúcar para forraje.

HIPÓTESIS:

Si se evalúa el valor nutritivo *in vitro* de dos nuevos cultivares de caña de azúcar para forraje, entonces se podrían obtener criterios importantes para definir su posible utilización en la alimentación de rumiantes.

OBJETIVO GENERAL:

Valorar indicadores del valor nutritivo *in vitro* de dos nuevos cultivares de caña de azúcar para forraje.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la influencia de la edad y fracción de la planta en indicadores de su composición química.
- Calcular el rendimiento de nutrientes por unidad de superficie que aportan los cultivares por fracción de la planta a los 11 meses de edad de rebrote.
- Evaluar la digestibilidad *in vitro* del forraje integral a tres edades de rebrote.
- Definir que cultivares poseen el mejor valor nutritivo *in vitro* de acuerdo con los indicadores obtenidos en el estudio.

NOVEDAD CIENTÍFICA:

Por primera vez:

- ✓ Se da a conocer el valor nutritivo *in vitro* de dos cultivares de caña de azúcar seleccionados con fines netamente forrajeros.
- ✓ Se determina la digestibilidad *in vitro* por producción de gases con heces vacunas con menos de dos horas de ser depuestas a cultivares de caña de azúcar.
- ✓ Se da a conocer la influencia de la edad en la digestibilidad *in vitro* por producción de gases con heces vacunas con menos de dos horas de ser depuestas de cultivares de caña de azúcar.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

I.1 Origen y evolución de la caña de azúcar.

El origen de la caña de azúcar es discutido por los especialistas siendo aceptado que esta *Poacea* se observó por primera vez en Asia, ya que varios informes así lo indican, aunque se trata de versiones recogidas de la tradición oral, sin una total base científica. El proceso de migración de la caña de azúcar a través de Asia, la Melanesia en el Oriente Medio y el Norte de África estuvo acompañado de un fuerte proceso de hibridación, selección natural y poliploidización, al que siguieron otros de introgresión genética que dieron origen a varias especies (Cuéllar *et al.*, 2002; Reyes *et al.*, 2004; Rodríguez, 2013).

Estudios realizados por investigadores sobre la caña de azúcar, discuten y concuerdan que *Saccharum spontaneum*, *sinense* y *barberi* se desarrollaron en el área de Birmania, China, e India en el Asia Meridional. Las formas relativamente jugosas de las dos últimas especies fueron utilizadas en los comienzos de este cultivo en la India y China. Cuando dichas especies se extendieron a otras regiones sufrieron de alguna forma diversos cruzamientos con otras gramíneas apareciendo, las especies *robustum* y *officinarum* en las islas del sureste de Indonesia y en el área de Nueva Guinea, respectivamente. La caña se extendió de forma muy lenta hasta el sur de España. La ruta hacia el oeste continuó y llegó a Madeira en 1 420 y a las Islas Canarias, desde donde Cristóbal Colón la llevó al nuevo mundo en 1 493. El cultivo se extendió de Santo Domingo a varios países

como México, Brasil, Perú y a las islas de las Indias Occidentales o Antillas, llegando hasta Hawai en el año 1700 (Flores, 2007).

La caña de azúcar que actualmente se cultiva es un híbrido muy complejo de dos o más de cinco especies del género *Saccharum*: *S. barberi*, *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. sinense* y *S. spontaneum* (Gbrizuela, 2002).

I.1.1 Características botánicas de la caña de azúcar.

Según Reyes *et al.* (2004) la caña de azúcar se ubica dentro de:

Reino: *Plantae*.

División: *Spermatophyta*.

Subdivisión: *Magnoliophytina*.

Clase: *Liliopsida*.

Subclase: *Commelinidae*.

Orden: *Poales*.

Familia: *Poaceae* (gramíneas).

Subfamilia: *Panicoideae*.

Tribu: *Andropogoneae*.

Género: *Saccharum*.

Especies: *officinarum*; *robustum*; *barberi*; *sinense*; *spontaneum*.

Las raíces son fibrosas con sistema radicular fasciculado, desarrollando en cada etapa diferentes tipos. Las raíces transitorias, primarias o temporales tienen como

función única tomar las sustancias nutritivas durante la primera etapa de la vida (desaparecen para ser sustituidas por las definitivas). Las raíces definitivas se forman desde los primeros momentos en la base del nuevo retoño, tienen como función absorber el agua del suelo, los alimentos nutritivos necesarios para el desarrollo de la planta y servir de anclaje (Cuellar *et al.*, 2002).

La caña desarrolla dos tipos de tallos: el subterráneo llamado rizoma y el aéreo, el que comúnmente conocemos como su único tallo. El rizoma formado en la base de la nueva planta perenne, presenta una serie de yemas que cuando se desarrollan dan origen a nuevos tallos o cañas. El tallo aéreo (fruto agrícola) es más o menos cilíndrico en su sección transversal, dividido en nudos y entrenudos (canutos) que varían en longitud, grosor forma y color según la variedad; los canutos están unidos por nudos, lugar donde se insertan las hojas, además se encuentra el anillo de crecimiento, la banda o anillo de raíces, la cicatriz foliar y la yema (Jorge *et al.*, 2007; Rodríguez, 2012).

La hoja está unida al tallo mediante la vaina, que envuelve al canuto en orden alterno y por su parte superior está formada por una lámina lanceolada lineal; las hojas presentan un nervio o vena central fuerte y se disponen de forma alterna, su color es verde y combina la tonalidad del mismo de acuerdo con el cultivar y las condiciones de desarrollo de la planta. Las hojas están a menudo cubiertas con pelos y tienen numerosas aberturas que se conocen con el nombre de estomas (García, 2004; Molina, 2013).

La inflorescencia aparece en forma de panícula (güin) que se desarrolla a partir del último entrenudo, la forma es característica de cada cultivar. Sobre las espigas se desarrollan flores hermafroditas, las cuales pueden producir semillas fértiles. Es una panícula formada por pequeñas flores perfectas y sedosas llamadas espigas (López, 2010). Las flores son perfectas, hermafroditas, por excepción son unisexuales y monoicas (Jorge *et al.*, 2003). El fruto es una cariósida con la única semilla unida íntimamente al pericarpio (Dilewijn, 1975; Gámez *et al.*, 2004).

I. 2 Valor nutritivo de los alimentos.

El mejor reflejo del valor nutritivo de un alimento es la respuesta productiva de los animales que lo utilizan. Aún, cuando es éste un rotundo argumento, no siempre es viable cuando de evaluar diversos recursos alimenticios se trata. El valor nutritivo de los forrajes depende de la magnitud del consumo que realicen los animales y en qué cuantía suministren energía, proteínas, minerales y vitaminas (Pittroff y Kothmann, 2001). Tradicionalmente se afirma que el valor nutritivo de un alimento depende, fundamentalmente, de factores tales como su consumo, composición química y digestibilidad (Baumont *et al.*, 2000).

I.2.1 Valor nutritivo de la caña de azúcar.

La caña de azúcar produce volúmenes apreciables de masa verde y materia seca, lo que la convierte en un forraje estratégico y beneficioso (Mila, 2010), por lo que los ganaderos, considerando sus bondades y limitaciones, pueden desarrollar sus propios planes de uso y manejo para potenciar las respuestas en sus animales.

Por su parte, según Chaves (2007), la composición básica promedio de la caña de azúcar es: materia insoluble 15 %, agua 70 %, impurezas 2 %, y sacarosa 13 %. Leyva (2012), informa que el porcentaje de caña limpia, hoja seca, hoja verde, y tallo verde, son adecuados para cualquier rendimiento de forraje que se obtenga, por lo que se puede deducir que su valor nutritivo debe ser aceptable.

De forma general, el peso fresco de la planta está formado en un 99 % de los siguientes alimentos: oxígeno, carbono e hidrógeno y casi un 75 % es agua y el resto lo compone la materia seca (MS) (AOAC, 1990). En la Tabla 1 se expresa su composición bromatológica según Jorge *et al.* (2003).

Tabla 1. Composición bromatológica de la caña de azúcar.

| Elemento | Contenido |
|---------------------------------------|------------------|
| Nitrógeno (g) | 60- 90 |
| Materia seca (MS) (%) | 26,2 |
| Proteína bruta (PB) (%) | 2,6 |
| Fibra bruta (%) | 27,9 |
| Calcio (g/kg) | 5,5 |
| Fósforo (g/kg) | 1,4 |
| Energía metabolizable (Mcal/kg de MS) | 2,19 |

La caña de azúcar presenta deficiencias nutricionales, ya que tiene bajo contenido de proteínas (2 a 3 %), es deficiente en minerales, principalmente en fósforo y azufre. Debido a esto, para su empleo en la producción animal se debe suplementar adecuadamente con una fuente de NNP, como la urea (1 a 2 %), además, de azufre en una relación N: S de 10:1. En el caso de animales en crecimiento o en producción, es necesario suplementarlos con proteínas sobrepasantes, urea y minerales (Anon, 2000; Galindo *et al.*, 2006; Chaves, 2008; Fernández *et al.*, 2014c).

Por su parte, Vassallo (2007) informa que el valor forrajero de la caña de azúcar picada fina y secada al sol (6 % de humedad) muestra un potencial adecuado como forraje de elección por los ganaderos: MS: 94,81% - PB: 2,04% - FDN: 46,80 % - FDA: 33,45 % - LDA: 8,47 % - EE: 2,05 % - Cz: 5,83 % - CNE: 44,87 % - Ca: 0,27 % - P: 0,14 % - TND: 58,99 % - EM: 2,17 Mcal/kg MS.

Este mismo autor, reseñó el perfil bio-fisiológico de la caña de azúcar, definido por los tres valores fundamentales de los análisis:

FDN: 46,80 %, muestra un elevado contenido de fibra, con lo cual mantiene su condición de "forraje".

CNE: 44,87 %, muestra un elevado contenido de "energía", totalmente soluble, que corresponde evidentemente al elevado contenido de hidratos de carbono (la desecación provoca una pérdida no significativa de su contenido, ya que la mayor parte es azúcar invertido) que difiere muy poco del contenido de las muestras de caña de azúcar picadas frescas para el consumo directo en la ración.

EM: finalmente, el tercer elemento de juicio, es el nivel de energía metabólica, que alcanza 2,17 Mcal/kg/MS, por lo que el elevado potencial energético y alto contenido de energía digestible que presenta la caña se debe al alto contenido de azúcares.

De la misma manera que otras poáceas pratenses y forrajeras tienen un valor como alimento en función de su edad, madurez, época y variedad, a la caña de azúcar pudiera sucederle igual, desafortunadamente no son estos los factores que se han estudiado con prioridad en la caña de azúcar y ello condiciona un frágil

punto de partida para cualquier análisis del comportamiento de los animales (Brondani *et al.*, 2006; González y Rodríguez, 2010; Magaña *et al.*, 2009).

Leyva (2012) plantea que la maduración de la caña se produce en un proceso acropetal, es decir que comienza por los entrenudos basales y termina en el último entrenudo apical visible. Este proceso de madurez fisiológica es muy importante conocerlo, pues al concluir, sino se realiza la cosecha, inicia un nuevo proceso invertido donde los azúcares dobles o disacáridos se convierten en carbohidratos ricos en almidón, celulosa, glucosa y fructuosa denominados también azúcares múltiples o polisacáridos.

En cualquiera de los dos procesos que se encuentra la planta se beneficia la alimentación animal; puede sufrir ligeras variaciones en el porcentaje de digestibilidad, debido a un mayor contenido de fibra que presentan las plantas de mayor edad; aunque la edad cronológica no se tiene en cuenta para hacer las consideraciones de madurez, debido a que una planta puede tener 22 meses y no estar madura fisiológicamente o al contrario puede tener menos de 18 meses y encontrarse madura (Dillewijn, 1975; Reynoso, 1998).

Entre edades de ocho y 16 meses se observaron valores favorables de digestibilidad en ovinos en el orden de un 15 % superior para las cañas más maduras, sin embargo los niveles de proteínas y grasas para estas mismas cañas disminuyeron (López *et al.*, 2004).

Con excepción de la proteína y la grasa, los demás indicadores favorecen a la caña de 16 meses. Trabajos realizados en México y en Santo Domingo por

Álvarez y Preston (1979) y Martín (2004) confirman los resultados anteriores, donde además, los indicadores de digestibilidad, conversión y consumo prestan similar comportamiento.

Los cambios señalados en la caña de azúcar al aumentar la edad, favorables para su utilización en la alimentación animal, se encuentran asociados a incrementos en los rendimientos productivos. En Hawai, Borden (1946) publicaron rendimientos tres veces superiores para la misma variedad de caña a los 24 meses con relación a los nueve meses de edad. En África del Sur, Roston (1974) refiere incrementos en 232 % superiores para cañas con 18 meses de edad con relación a la misma variedad a los ocho meses.

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 (Muñoz *et al.*, 1988; Magaña *et al.*, 2009). Sin embargo, la tasa de digestión de la fibra es menor que en la mayoría de los pastos y leguminosas (Martín *et al.*, 1987), 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 (Aranda *et al.*, 2003; González y Rodríguez *et al.*, 2007).

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 (Elías *et al.*, 1990; Martín, 2005), lo cual pudiera limitar el uso de la caña de azúcar como fuente básica energética por los rumiantes.

Martín (1994) publica que 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, con estos datos el valor alimenticio puede variar desde un alimento decididamente malo, hasta uno comparable a un forraje de media calidad. Básicamente desde el punto de vista químico el bajo contenido en nitrógeno y las altas concentraciones de fibra y de azúcar que confieren a la caña las principales características como alimento animal, agregando que en determinadas circunstancias la planta no puede ser cosechada producto de diferentes factores climáticos, este mismo hecho determina reservas potenciales siempre en aumento para su utilización en etapas posteriores.

En un estudio realizado por Rincón (2005), donde evaluó varias variedades de caña de azúcar, encontró que a la edad de ocho meses el contenido de proteína cruda, fue bajo como en cualquier gramínea tropical, coincidiendo con Hopkinson y Miller (2000). Este valor varió entre 5,0 y 8,3 ($p < 0,05$), correspondiendo el más alto a la variedad Ja64-19 y el más bajo a la variedad My5465. Los contenidos de FDN estuvieron entre 72 y 78 % y la digestibilidad entre 47,5 y 51% sin presentar diferencias significativas entre las variedades.

I.3 Composición química de los alimentos.

La composición química delimita en buena medida la cantidad de nutrientes y sustancias antinutritivas que aportará un alimento después de ser consumido. Estas características mostrarán cómo debe ser utilizado dicho alimento, ya sea

como suplemento energético, proteico, de minerales o de todos a la vez, y también el posible efecto antinutritivo de sus metabolitos secundarios (McDonald *et al.*, 2002). Se deben considerar los contenidos en materia seca, cenizas, nitrógeno o proteína bruta, fibra neutro detergente, calcio, fósforo y polifenoles extractables totales. Se deben considerar también la presencia de otras sustancias antinutritivas o factores antinutricionales, fundamentalmente los taninos (Hossain y Becker, 2001).

I.3.1 Composición química de la caña de azúcar.

La caña de azúcar es una materia prima con características relevantes que la sitúan como la planta comercial de mayores rendimientos en materia verde (100 t/ha en condiciones medias de cultivo), energía y fibra, obtenidos en ciclos de tiempo menores que otras especies y en condiciones de clima y suelos en los que otras plantas tienen dificultades (Martín, 2005).

Durante la cosecha y procesamiento industrial de esta poacea es posible obtener ocho productos primarios y subproductos que constituyen materia prima de otras industrias que dan lugar a un centenar de productos derivados de diferentes generaciones de valor comercial comprobados (Chaves, 2008).

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 céreas, pentosas de naturaleza orgánica, sales inorgánicas, cenizas insolubles en HCl y fibra. Su pH oscila entre 5-5,2 (Rodríguez, 2009).

La sacarosa representa sólo el 10 % de la caña y en los centrales típicos se aprovecha tan sólo 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 (Dos Reis, 2006).

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 (Valenciaga, 2007).

La celulosa y hemicelulosa son mayoritariamente los carbohidratos de la pared celular que entran en la fracción llamada fibra. Aproximadamente del 35-80 % de la materia orgánica de los tejidos vegetales está contenida en la pared celular, la cual proporciona rigidez estructural a la planta y que se puede observar con facilidad en un corte de la caña. La pared celular está constituida por dos fases: fase fibrilar o esqueleto y fase amorfa o matriz (González, 2003).

La fase fibrilar está formada por celulosa que se combina en una disposición muy ordenada (mediante puentes de hidrógeno) que le otorga propiedades cristalinas, formando fibrillas elementales que se reúnen en microfibrillas, visibles al microscopio electrónico y la fase amorfa está formada por hemicelulosas, compuestos pépticos y glucoproteínas. Se describe que la pared celular se puede dividir en tres partes fundamentales: la sustancia intercelular o lámina media, la pared primaria y la pared secundaria (Santos *et al.*, 2009).

Así podemos definir la celulosa como un polímero de fórmula general $(C_6H_{10}O_5)_n$ constituido por unidades lineales de glucosa (elementos de D-Glucosa unidos por enlaces β 1-4 glicosídicos). Las unidades de glucosa se rotan 180° unas sobre otras, lo que significa que la verdadera unidad repetitiva es el dímero celobiosa. Está fuertemente unida a cadenas de hidrógeno conformando la fibra, la que es en su mayoría cristalina, aunque contiene regiones amorfas. Esta estructura es rígida y altamente insoluble en H_2O ; desde el punto de vista químico es simple, pero físicamente es muy compleja. Los diseños formados por las microfibrillas son muy variables. En la pared primaria las fibrillas están entrelazadas, dispuestas aparentemente al azar y en la pared secundaria están dispuestas paralelamente (Adesogan *et al.*, 2000; García *et al.*, 2006).

Los restantes componentes de la pared celular, aunque se encuentran en menor cuantía, definen en gran medida la utilización de la fibra por parte de los microorganismos y entre ellos tenemos la lignina y los ácidos fenólicos. La lignina que es un polímero fenólico tridimensional, de estructura muy compleja, junto con la celulosa y es responsable de la rigidez de la planta, de la resistencia de los tejidos vasculares, la conducción de solutos, agua y sales minerales necesarias para la supervivencia de la planta, además de la protección contra fenómenos oxidativos y de ataques de parásitos (Valenciaga, 2007; Santos *et al.*, 2010).

I.4 Digestibilidad de los alimentos.

El conocimiento de la digestibilidad de los alimentos es básico para establecer su valor nutritivo y, por tanto, para la formulación de raciones para los animales

rumiantes. Sin embargo, la determinación *in vivo* de la digestibilidad es un proceso laborioso y costoso, y que requiere el empleo de grandes cantidades de alimento, por lo que se han propuesto distintos métodos *in vitro* para su estimación. El procedimiento propuesto por Tilley y Terry (1963) es, con ligeras modificaciones, el más ampliamente utilizado en la mayoría de los laboratorios.

Sin embargo, la técnica desarrollada por Van Soest *et al.* (1966) suponen una alternativa al método de Tilley y Terry, ya que permite una valoración más rápida de los alimentos sin afectar la precisión del valor obtenido (Van Soest, 1994). Los procedimientos químicos que intentan imitar el proceso de digestión, generalmente por el sistema de Van Soest, o "*in vivo*", utilizan una muestra reducida de animales fistulados o provistos de bolsas para la recogida de las heces. En el primer caso se trata de una aproximación de laboratorio al proceso real de la digestión y, en el segundo, de una estimación a través de un número reducido de animales cuyo comportamiento está presumiblemente condicionado por la manipulación humana (San Miguel, 2006).

Pate (2002) planteó que entre los factores que afectan la digestibilidad de la materia seca tenemos:

- Composición química de los alimentos que incluyen el contenido de fibra, grasa, proteínas y minerales.
- Efecto asociativo de otros alimentos.
- Preparación del alimento, teniendo en cuenta su presentación, molinado, picado, empastillado, ensilado, etc.

- Cantidad de alimento consumido.
- Frecuencia de alimentación y consumo de agua.
- Temperatura ambiental.
- Adaptación a cambios de ración.
- Palatabilidad del alimento.
- Características de cada animal.

De todos los factores relacionados con el tipo de ración administrada a los animales, el efecto de la relación forraje y concentrado ha sido uno de los más estudiados. Así, en experimentos realizados con ganado ovino (Ramanzin *et al.*, 1997), vacuno (Kawas *et al.*, 1991; Jaakola y Huhtanen, 1993; Ramanzin *et al.*, 1997), observaron que a medida que aumentaba la proporción de concentrado en la ración se producía un aumento paralelo de la digestibilidad *in vivo* de la materia seca (MS) y de la materia orgánica (MO), así como una disminución de la digestibilidad de los componentes de la pared celular, Huhtanen y Jaakola (1993) observan que estos efectos eran producidos fundamentalmente por cambios en la digestión en el rumen, mientras que el efecto observado en los tramos posteriores del tracto digestivo era muy pequeño. En relación con este aspecto, Alvir y González (1992) y Giráldez *et al.* (1994), utilizando la técnica de las bolsas de nylon, observaron que los ritmos de degradación ruminal de diversos alimentos eran más lentos cuando los animales eran alimentados con raciones que incluían concentrado que cuando recibían raciones constituidas exclusivamente por forraje.

La técnica de digestibilidad *in vitro* simula la digestibilidad del tracto digestivo del rumiante y requiere de la preparación de un inóculo que contenga microorganismos ruminales viables (Tilley y Terry, 1963). El inconveniente de esta técnica reside en la variabilidad de sus resultados, debido a que la microflora ruminal está influenciada por el tipo y cantidad de dieta proporcionada al animal (Torres *et al.*, 2009).

I.4.1 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 (Ruíz *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 presentan digestibilidad de la materia seca de 50-54 %; otro grupo de siete variedades no deben utilizarse debido a que el rango de digestibilidad está entre 32-35 %.

Por su parte, Suárez *et al.* (2006) evaluaron 15 caracteres en 26 cultivares de caña de azúcar con 12-14 meses de edad en los suelos pardos con carbonato y como resultado se recomendaron para su explotación en las áreas ganaderas del país 10 nuevos cultivares de reciente introducción en la producción, los cuales mostraron porcentajes de digestibilidad superiores al 50 % (Tabla 2).

Tabla 2. Digestibilidad de variedades de caña de azúcar recomendadas para la alimentación animal.

| Variedad | Digestibilidad MS (%) |
|-----------------|------------------------------|
| C128-83 | 50,6 |
| C132-81 | 54,4 |
| C137-81 | 53,2 |
| C86-12 | 55,3 |
| C85-403 | 52,7 |
| C86-503 | 51,8 |
| C86-536 | 52,4 |
| C90-501 | 55,3 |
| C90-530 | 54,3 |
| Co997 | 54,8 |
| My5514 | 51,6 |

Combellas (1998) plantea que la digestibilidad de la fibra disminuye a medida que la planta madura, al igual que otros forrajes, pero al mismo tiempo, la acumulación de azúcares en el tallo aumentan a una tasa que la compensa, resultado de un pequeño incremento en la concentración energética con la edad, la cual alcanza valores de 2,2 a 2,8 Mcal/kg/MS dependiendo de la concentración de azúcares.

Dijkstra *et al.* (1996) al usar la caña descortezada en la ceba de novillos Holstein en Barbados, obtuvieron ganancias de peso vivo de hasta 1 kg diario, siendo la única suplementación el cogollo (a razón de tres partes de caña descortezada y una parte de cogollo), urea y un suplemento proteico.

Montpellier y Preston (1977) estudiaron en distintas fracciones de la caña de azúcar (corteza, tallo descortezado, cogollo) en comparación con la caña entera en la alimentación de novillos de ceba y coincidían en que aunque no existieron diferencias importantes en el comportamiento de los animales que recibieron caña descortezada si hubo diferencias en la digestibilidad siendo los resultados más

favorables para el tallo descortezado (71,3 % de digestibilidad de MS) y el valor más bajo lo alcanzó la corteza (59,6 % de digestibilidad de la MS). Sin embargo al evaluar el consumo voluntario de dichas fracciones los mejores valores fueron alcanzados por el cogollo (2,8 kg de MS/100 kg de PV).

El rumiante no utiliza en su totalidad el contenido de proteína bruta y energía metabolizable que contiene la caña de azúcar, la tecnología de preparación de este alimento decide en buena medida la eficiencia del sistema (Martín, 1994; Nogueira Fihlo *et al.*, 2000).

Generalmente los forrajes convencionales cuando son picados finamente aumentan su valor nutritivo. El efecto principal se debe a un mayor consumo de forraje y aunque esto se relaciona normalmente con una reducción en la digestibilidad, el efecto total se refleja en una mayor tasa de productividad animal. Era de esperarse que la caña de azúcar mostrara un comportamiento similar, sin embargo, al parecer dentro de un rango de picado bastante amplio (desde partículas menores de 0,3 cm con molidoras, hasta 2,0 cm con machete) el comportamiento animal tanto en términos de digestibilidad como ganancia diaria y conversión alimenticia no difiere según el tamaño de la partícula (Preston, 1989; Martín, 2005).

El grado de picado del tallo sobre la digestibilidad fue estudiado por Montpellier y Preston (1977) no encontrando diferencias significativas en cuanto a la digestibilidad y el consumo de la MS de la caña de azúcar al evaluar tamaño de 2 cm, 0,8 cm y 0,4 cm respectivamente. Garsa y Shimada (1979) al referirse a las

fracciones de caña de azúcar plantearon que la digestibilidad del cogollo es menor que la del tallo picado o descortezado y resumieron que se había logrado una mejoría en el comportamiento animal, al añadir al tallo (tanto picado como descortezado) el cogollo picado a razón del 20 al 30 %.

La caña de azúcar no es alimento balanceado, sus deficiencias directas e indirectas son: nitrógeno en forma de amoníaco fácilmente disponible para los microorganismos del rumen, aminoácidos al nivel de intestino delgado, glucosa al nivel metabólico, fósforo y sodio. El objetivo de la suplementación debe ser proporcionar estos nutrientes (o sus precursores), los cuales actúan como reguladores de la tasa productiva del animal principalmente consumo voluntario (Preston, 1988; Rodríguez, 2009; Acosta, 2012).

I.5 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 (Getachew *et al.*, 2004; Rymer *et al.*, 2005; 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; Rymer *et al.*, 2005; Martínez, 2008; González, 2010).

La medición de la producción de gas como una aproximación a la fermentación ruminal no es nueva, McBee (1953) describió un método manométrico para medir la producción de gas generado por una mezcla de bacterias ruminales que posteriormente fue sufriendo diferentes modificaciones. Menke *et al.* (1988), en Alemania, describieron un sistema *in vitro* en el cual la producción de gas de un sustrato usada para la predicción de la digestibilidad y el contenido de energía metabolizable. El método utiliza una jeringa en la cual se incubaba el sustrato en un medio buffereado e inóculo de fluido ruminal. La producción de gas es medida a diferentes intervalos de tiempos por la posición del pistón en la jeringa. En diferentes países se ha trabajado en métodos para simplificar y computarizar la medición de gas (Pell y Schofield, 1993; Theodorou *et al.*, 1994; Cone *et al.*, 1994; Mauricio *et al.*, 1999).

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 (Rymer *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, la especie donante del inóculo, la solución amortiguadora, el pH del medio, el número de microorganismos, la dieta del donante, el control de la temperatura y la agitación durante la incubación (Posada y Noguera, 2005; Martínez, 2008).

El volumen de gas está por tanto relacionado con la digestibilidad del alimento y su valor energético (Ammar *et al.*, 2005; García-Rodríguez *et al.*, 2005; Martínez, 2008; González, 2010; León, 2012).

I.5.1 Gas *in vitro* con heces depuestas.

La técnica de gas *in vitro* en sus inicios se basaba, sólo en la utilización de líquido ruminal como inóculo, pero en los últimos tiempos las heces extraídas del recto han sido satisfactoriamente utilizadas en la investigación de alimentos para rumiantes (Mauricio *et al.*, 1998, 2001); sin embargo, el tomar las muestras del recto implica también agredir a los animales.

Las heces de vaca y ovejas extraídas del recto han sido utilizadas como inóculo alternativo y su potencial en las técnicas de gas *in vitro* (Mauricio *et al.*, 2001; Cone *et al.*, 2002; Varadyová *et al.*, 2005).

Varadyová *et al.* (2005) que trabajaron con heces frescas directamente tomadas del recto de ovejas y las diluyeron directamente con el medio mineral amortiguado (m.m.a), hallaron grandes diferencias entre heces y líquido ruminal. Sugirieron que se continuara trabajando en aras de encontrar una mejor correlación entre ambos inóculos.

Las heces pueden ser perfectamente usadas como fuente de inóculo para comparar follajes desde el punto de vista de su digestibilidad, tal como han probado Akhter y Hossain (1998) y Mauricio *et al.* (1998). Este criterio ha sido además reforzado con los trabajos de McLean *et al.* (1999), Bauer *et al.* (2001), Martínez (2008), González (2010) y León (2012).

Tanto con el uso de heces como de líquido ruminal, son múltiples los factores que pueden afectar la producción de gas que pudiera, en el caso del líquido, ser perturbada por la frecuencia de la colección (Nagadi *et al.*, 1999), o el momento de la toma (Menke y Steingass, 1988) y la dilución con el buffer, para ambos (Pell y Schofield, 1993; Rymer *et al.*, 1999). Según Tscherning *et al.* (2002) esa dependencia puede estar relacionada con las características de la dieta de los animales, lo que influiría significativamente en la composición microbiana del rumen.

El empleo de heces como fuente de inóculo para la evaluación *in vitro* de alimentos ha demostrado su utilidad (Mauricio *et al.*, 2001; Van Thu, 2003; Martínez, 2008; González, 2010; León, 2012), lo que permite valoraciones

similares a las que se obtienen con líquido ruminal y se evita así el estrés y los daños a la integridad física de los animales para la obtención del líquido ruminal.

Martínez (2005, 2008); Hernández (2006) y Resillez (2008) han desarrollado investigaciones en la provincia de Camagüey, que muestran claramente el potencial de las heces bovinas depuestas como inóculo en la valoración nutritiva de forrajes con empleo de la técnica de producción de gases; sin embargo, los rumiantes mayores representan gastos superiores para su mantenimiento como animales de experimentación, por lo que es una práctica bastante generalizada la utilización de rumiantes menores, especialmente ovinos; se demostró que existe correlación entre la producción de gas con heces ovinas y bovinas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1 Localización.

El experimento se realizó en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey. La misma se encuentra situada en el municipio Florida, en las coordenadas 21° 31' de Latitud Norte y los 78° 04' de Longitud Oeste, a los 57,08 m de altura sobre el nivel medio del mar (Estación Agrometereológica de Florida, 2011).

II.2 Clima.

Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el período en que se desarrolló el estudio se pueden apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3. Principales variables climáticas.

| Mes | Año | Cepa de caña planta | | | Mes | Año | Cepa de soca | | |
|------------|------|---------------------|-----------|---------------|------------|------|--------------|-----------|---------------|
| | | Tm (°C) | HR (%) | Prec. (mm) | | | Tm (°C) | HR (%) | Prec. (mm) |
| Noviembre | 2009 | 24,8 | 77,2 | 22,7 | Noviembre | 2010 | 23,5 | 79,4 | 27,4 |
| Diciembre | 2009 | 24,8 | 76,8 | 36,2 | Diciembre | 2010 | 19,1 | 75,1 | 2,9 |
| Enero | 2010 | 21,9 | 71,6 | 0,1 | Enero | 2011 | 22,3 | 78,2 | 6,2 |
| Febrero | 2010 | 22,0 | 73,4 | 108,0 | Febrero | 2011 | 23,6 | 71,0 | 0,3 |
| Marzo | 2010 | 22,6 | 70,6 | 13,3 | Marzo | 2011 | 24,2 | 66,8 | 11,9 |
| Abril | 2010 | 25,2 | 70,7 | 91,4 | Abril | 2011 | 26,1 | 65,6 | 10,0 |
| Mayo | 2010 | 27,3 | 73,2 | 60,2 | Mayo | 2011 | 26,1 | 68,2 | 82,9 |
| Junio | 2010 | 28,1 | 75,0 | 160,4 | Junio | 2011 | 26,8 | 81,0 | 273,6 |
| Julio | 2010 | 27,4 | 80,1 | 186,8 | Julio | 2011 | 27,1 | 80,2 | 163,1 |
| Agosto | 2010 | 27,5 | 80,7 | 244,1 | Agosto | 2011 | 27,3 | 82,2 | 288,4 |
| Septiembre | 2010 | 26,6 | 83,5 | 363,5 | Septiembre | 2011 | 26,5 | 83,0 | 194,8 |
| Octubre | 2010 | 25,8 | 85,4 | 182,4 | | | | | |

Fuente: Estación Agrometereológica de Florida (2011).

II. 3 Características edáficas.

El estudio se desarrolló en un suelo del tipo Pardo con Carbonato, según la clasificación de Hernández *et al.* (1999). En la Tabla 4 se pueden observar las características físico-químicas de este suelo.

Tabla 4. Características físico-químicas del suelo Pardo con Carbonato de la ETICA Centro-Oriental Camagüey.

| Características químicas (0-30 cm) | | Características físicas (0-30 cm) | |
|--|------|---|-------------|
| pH (H ₂ O) | 7,30 | Capacidad de campo (%). | 28,23 |
| pH (KCl) | 6,80 | Coeficiente de marchites (%). | 16,90 |
| Materia orgánica (%) | 3,91 | Agua utilizada (% Vol.). | 13,37 |
| N total (%) | 0,24 | Zona de aereación (cm). | 21,77 |
| N hidrolizable (mg/kg) | 79,2 | Porosidad total (%). | 54,96 |
| P ₂ O ₅ asimilable (mg/100g) | 3,24 | Densidad aparente (g/cm ³). | 1,18 |
| P. total (%) | 0,07 | Densidad real (g/cm ³). | 2,62 |
| Ca int. (meq/100 g) | 43,9 | Velocidad de infiltración (mm/min). | 0,21 - 0,59 |
| Mg int. (meq/100 g) | 6,9 | Índice de capilaridad (mm). | 257 - 300 |
| Na int. (meq/100 g) | 0,39 | Valor de plasticidad (ml/100). | 41,4 - 47,8 |
| K int. (meq/100 g) | 0,48 | | |
| Ac hidrol. (meq/100 g) | 1,09 | Velocidad de infiltración: Moderada. | |
| Valor "S" (meq/100 g) | 51,7 | Plasticidad: Poco plástico. | |
| Valor "T" (meq/100 g) | 52,8 | Textura: Franco arcillosa. | |
| Valor "V" (%) | 97,4 | Estructura: Terroncillo, prismática. Friable. | |
| Relación Ca: Mg | 6,3 | | |
| Relación K: Ca | 0,01 | | |
| Relación K:Mg | 0,07 | | |

Fuente: Molina (2013).

II.4 Plantación, atenciones culturales y corte de establecimiento.

La plantación se efectuó en el mes de noviembre de 2009, utilizando para ello 252 trozos de tres yemas por cultivar, los cuales se distribuyeron a razón de 28 estacas por surco. Se utilizó un marco de plantación de 0,40 m x 1,60 m, se logró una densidad de 12 yemas por metro lineal. La fertilización se realizó según la dosis recomendada por el Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE) para este tipo de suelo, la misma se efectuó en forma fraccionada: una aplicación al momento de la plantación (50 % N y K, 100 % P) y 45 días después (50 % N y K) para totalizar 180 kg/ha de N, 100 kg/ha de P₂O₅ y 240 kg/ha de K₂O. Se realizó un control inicial de malezas en postemergencia temprana y un control periódico manual posterior cada 3-4 meses.

El corte de establecimiento se realizó a los 11 meses, coincidiendo con el mes de octubre de 2010. A los tres días posteriores al mismo se efectuó la fertilización manual con fórmula completa (NPK), según la dosis recomendada por el SERFE para este tipo de suelo de acuerdo a las exigencias de la cepa de soca. Se realizaron dos labores de limpieza manual y se combinaron con dos cultivos con arado de vertedera tirado por bueyes hasta lograr el establecimiento del experimento libre de malezas. Estas atenciones culturales se realizaron según lo establecido por el MINAZ-INICA (2007). El experimento se llevó a cabo en condiciones de secano.

II.5 Tratamiento y diseño experimental.

Se evaluaron los cultivares de caña de azúcar C97-366 y C99-374 seleccionados de forma preliminar por el Departamento de Fitomejoramiento de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Oriental de Camagüey por su menor contenido de sólidos totales y mejor relación hoja: tallo y el cultivar comercial My5514 recomendado para la alimentación animal por su alta producción de biomasa, resistencia a la sequía y digestibilidad de la MS superior al 50 % que se utilizó como testigo.

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas con tres réplicas, donde las parcelas principales las constituyeron las edades de rebrote y las parcelas secundarias los cultivares de caña de azúcar. El área de cada unidad experimental fue de 26,4 m² (5,5 x 4,8 m) con tres surcos de 5,5 metros de largo por cultivar. En cada parcela secundaria

se utilizó el cultivar C86-12 como borde y no se establecieron guardarrayas de separación entre los cultivos de cada unidad experimental.

II.6 Colección de muestras de forraje.

Para la colección de muestras se realizaron cortes a los seis, ocho y 11 meses, respectivamente posteriores al corte de establecimiento. Los mismos se ejecutaron con la ayuda de un machete, efectuándose a ras de suelo.

II.7 Manejo y procesamiento de las muestras.

Por réplica se tomaron tres muestras representativas de las fracciones: tallo, cogollo e integral (tallo + cogollo) de 1 ($\pm 0,4$) kg de peso aproximadamente por cultivar en cada una de las edades evaluadas. En la fracción tallo, cada muestra estaba constituida por tres trozos de 10 a 12 cm, respectivamente, 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. La fracción 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 nylon para su traslado inmediato al laboratorio.

Una vez allí fueron secadas a 65 °C en estufa con circulación forzada de aire por 48 horas (AOAC, 1995) y molidas en molino de martillos hasta pasar por un tamiz

de 1 mm para la determinación de la composición química y la producción de gas *in vitro*. Todas se preservaron adecuadamente hasta su análisis en frascos de vidrio de boca ancha y tapa esmerilada.

II.8 Determinación de la composición química.

En el Laboratorio Territorial de Nutrición y Suelos Oriente Sur, ubicado en el municipio Palma Soriano, provincia Santiago de Cuba, se determinaron los contenidos de N, P, K y cenizas según la AOAC (1995) en cada una de las fracciones (tallo, cogollo e integral) a las edades de rebrote de seis, ocho y 11 meses, respectivamente.

II.9 Determinación del rendimiento de nutrientes.

El rendimiento de nutrientes se determinó a los 11 meses de edad de rebrote para los indicadores de la composición química: MS; PB; P y K en las fracciones del cogollo, tallo e integral. Para su cálculo se tuvo en cuenta la producción de biomasa seca (t/ha) por fracción de la planta para cada uno de los cultivares y se utilizó la siguiente ecuación:

$$Rn = \frac{Cn \times PBS}{100}$$

Donde:

Rn: rendimiento de nutrientes (t/ha).

Cn: contenido de nutrientes por fracción de la planta (%).

PBS: producción de biomasa seca por fracción de la planta (t/ha).

II.10 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 para el Desarrollo de la Producción Animal (CEDEPA), de la Universidad de Camagüey, ubicado en la Finca “Taburete”, municipio Camagüey, Cuba. Se utilizó como inóculo heces bovinas con menos de dos horas de ser 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.* (2004). 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 María 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 empleó el modelo que aparece en el Anexo 2. Se realizaron tres corridas, las que correspondieron con la fracción de caña integral a las edades de seis, ocho y 11 meses, respectivamente de cada cultivar. 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 describe Martínez (2005).

Los valores de la velocidad de producción de gas (C) y la fase *lag* se determinaron con la ayuda del programa NEWAY, versión 6.0 (Chen, 2003) que utiliza el Solver de Microsoft Excel® 2010, a partir de la ecuación:

$p = A + B (1 - e^{-ct})$, propuesta por Ørskov y McDonald (1979).

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:

$$\begin{array}{ll} \text{para } t \leq L & V = 0 \\ \text{para } t > L & V = B * (1 - \text{EXP}(-C * t)) \end{array}$$

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.

II.11 Análisis estadísticos.

Para procesar los datos primarios de producción de gas se utilizaron hojas de cálculo Microsoft Excel® 2010, previamente programadas.

Se creó una base de datos con toda la información obtenida en las evaluaciones realizadas. Se compararon las medias de los indicadores del valor nutritivo entre

cultivares en cada una de las fracciones de la planta por edades, así como la interacción entre la fracción de la planta y edad, mediante análisis de varianzas y sus diferencias por la prueba de Tukey; se hicieron correlaciones lineales entre la edad y los indicadores de la composición química y se realizó un análisis de conglomerado, por el método del vecino más cercano, para agrupar los cultivares de acuerdo a indicadores de su valor nutritivo *in vitro*, se utilizó la distancia Euclidiana.

Se utilizaron los paquetes estadísticos CurveExpert versión 1.34 para Windows© (1997), STATGRAPHICS, versión 5.0 para Windows© (StatPoint, Inc. 2005) y SPSS para Windows, versión 15.0 (2006).

III- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de la caña de azúcar es uno de los elementos más importantes que nos permite conocer su valor nutritivo. El estudio de cada uno de sus indicadores, así como las variaciones que se pueden producir por diversos factores, es decisivo en los momentos actuales para lograr un uso eficiente de este recurso, que constituye una alternativa ineludible para los ganaderos en el período poco lluvioso del año, donde cada vez se hace más difícil alimentar a los animales.

En la Tabla 5 se puede observar la influencia de la edad y la fracción de la planta en los indicadores de la composición química de los tres cultivares en estudio.

Tabla 5. Comportamiento de los indicadores de la composición química de los tres cultivares en estudio según fracción de la planta y edad.

| Indicadores | Cogollo | | | Tallo | | | Integral | | |
|---|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | 6 meses | 8 meses | 11 meses | 6 meses | 8 meses | 11 meses | 6 meses | 8 meses | 11 meses |
| MS (%) | 23,23 ^e | 23,72 ^{de} | 24,41 ^{de} | 31,43 ^{ab} | 32,38 ^a | 32,12 ^a | 27,01 ^{cd} | 28,23 ^{bc} | 28,1 ^{bc} |
| Cenizas (% MS) | 7,13 ^b | 5,13 ^{cd} | 9,77 ^a | 3,72 ^d | 5,05 ^{cd} | 4,29 ^{cd} | 4,97 ^{cd} | 5,85 ^{bc} | 5,12 ^{cd} |
| PB (% MS) | 2,90 ^b | 2,71 ^b | 4,73 ^a | 2,29 ^b | 3,11 ^b | 2,48 ^b | 2,34 ^b | 3,11 ^b | 3,29 ^b |
| P (% MS) | 0,16 ^{ab} | 0,15 ^b | 0,21 ^a | 0,19 ^{ab} | 0,21 ^a | 0,19 ^{ab} | 0,17 ^{ab} | 0,17 ^{ab} | 0,18 ^{ab} |
| K (% MS) | 2,11 ^{ab} | 1,80 ^b | 2,70 ^{ab} | 1,91 ^{ab} | 2,56 ^{ab} | 2,14 ^a | 1,91 ^{ab} | 2,37 ^{ab} | 2,11 ^{ab} |
| Superíndices con letras diferentes en una misma línea difieren estadísticamente (Tukey P<0,05). | | | | | | | | | |

Como se aprecia en la Tabla 5 los mayores valores de MS se alcanzan en la fracción del tallo a los 8 meses de edad de rebrote, resultado que difiere estadísticamente con relación a las restantes fracciones y edades, exceptuando a los valores obtenidos en la misma fracción pero a los seis y 11 meses de edad.

Estos resultados indican que la mayor concentración de MS de los cultivares de caña de azúcar estudiados se produce en la fracción del tallo en las tres edades de rebrote.

Este comportamiento puede estar asociado a que este órgano de la planta es el que se encuentra en el período evaluado en un crecimiento más activo, ya que por ser el encargado de almacenar los azúcares que se elaboran producto de la fotosíntesis en las hojas para luego translocarse hacia su interior este tiene que formar toda la estructura que le permita cumplir con sus funciones en la planta. Además es preciso señalar que el tallo posee el mayor contenido de fibra en comparación con las restantes fracciones.

Con relación al contenido de cenizas y PB la fracción del cogollo a los 11 meses de edad de rebrote mostró diferencias estadísticamente significativas con relación a las restantes fracciones y edades al mostrar los mayores valores de estos indicadores en el estudio (Tabla 5).

Los indicadores de la composición química P y K solo mostraron diferencias estadísticamente significativas con la fracción del cogollo a los ocho meses de edad de rebrote (Tabla 5). Para el caso del primer indicador (P) las fracciones del cogollo y del tallo a los 11 y ocho meses respectivamente alcanzaron los mayores valores en el estudio y para el caso del otro indicador (K) en la fracción del tallo a los 11 meses de edad fue donde se manifestó la mayor concentración de este mineral.

Estos resultados evidencian que la composición de la caña de azúcar varía en dependencia de la edad del rebrote y fracción de la planta, lo que reafirma lo publicado por Santos *et al.* (2009) y Aguirre *et al.* (2010) en estudios de composición química y caracterización nutricional de cultivares de caña de azúcar para forraje. Heuzé *et al.* (2015) también informa esta variación como resultado de una recopilación bibliográfica en la temática relacionada con la composición química de la caña de azúcar.

En la Figura 1 se pueden observar los valores de MS de las diferentes fracciones de la planta a los seis, ocho y 11 meses de edad de rebrote en cada uno de los cultivares evaluados.

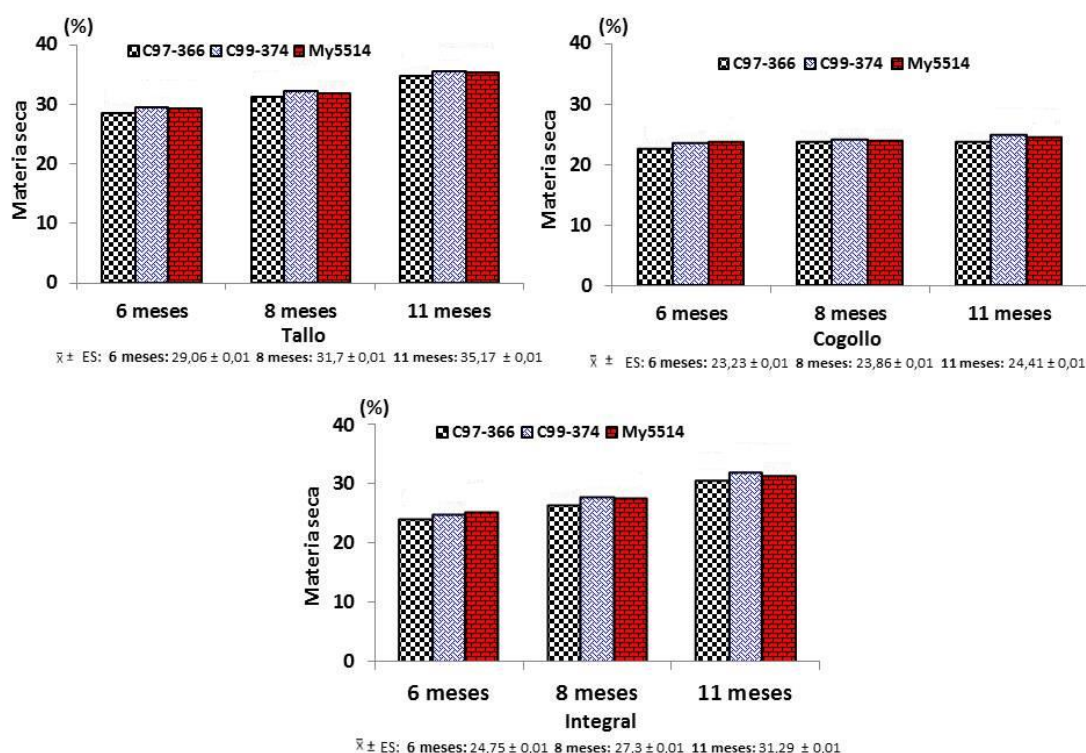


Figura 1. Comportamiento de la MS según fracción de la planta y edad.

Los valores de MS en el cogollo, tallo y de forma integral de los tres cultivares no difieren estadísticamente en ninguna de las tres edades evaluadas. Los mayores valores de MS se obtuvieron en las evaluaciones del tallo y las menores en el cogollo (Figura 1).

En la Figura 1 se aprecia que existe tendencia al incremento de la MS con la edad, afirmación que se puede corroborar con los resultados de la Tabla 6 que reflejan el análisis de correlación simple entre la edad de rebrote y el contenido de MS por fracción de la planta.

Tabla 6. Modelos lineales que expresan la relación entre la edad y la MS por fracción de la planta.

| Indicador | Fracción de la planta | Ecuación de regresión | r | Sig. |
|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------|------|
| MS | Tallo | $y = 21,8473 + 1,21553 * \text{Edad}$ | 0,97 | *** |
| | Cogollo | $y = 21,8995 + 0,23193 * \text{Edad}$ | 0,73 | * |
| | Integral | $y = 16,2374 + 1,29298 * \text{Edad}$ | 0,94 | *** |
| *** significativo ($P < 0,001$) | | * significativo ($P < 0,05$) | | |

Como se observa en la Tabla 6 las fracciones del tallo e integral muestran la mayor tendencia al incremento de la MS con la edad de rebrote, como lo reflejan los valores altamente significativos de sus coeficientes de correlación de 0,97 y 0,94 respectivamente. Para el caso de la fracción del cogollo mostró un coeficiente de correlación significativo de 0,73, el que también indica el aumento de este indicador con la edad de rebrote. Resultados similares publicó Pate (2002) en un estudio de comparación del valor nutritivo de 66 cultivares comerciales de caña de azúcar en el sur de la Florida.

Estos resultados confirman lo informado por Valladares *et al.* (2009) al plantear que la caña de azúcar tiende al incremento de la MS en la medida que va ganando

en edad, donde se destaca el período enmarcado entre los ocho y 16 meses como el de mayor tasa de acumulación de asimilados.

Este incremento de la MS puede estar muy relacionado con el aumento de la proporción de la pared celular vegetal con la edad. 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 conoce que en las plantas se producen cambios morfológicos 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 encontraron Noguera (2004) al estudiar cinco genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en tres épocas de corte diferentes y Castro (2006) cuando determinó el efecto de la edad en la composición química de *Brachiaria brizantha* vc. Marandú.

Por su parte, Fernández *et al.* (2009) informaron valores muy similares a los obtenidos en el estudio, al evaluar tres cultivares comerciales de caña de azúcar recomendados para la alimentación animal.

Los resultados obtenidos en el estudio se encuentran dentro de los rangos publicados por Franco (1981) en un estudio realizado en siete cultivares de caña de azúcar en la zona del Escambray; Urdaneta (2005) en el Estado de Yaracuy en Venezuela; Fundora *et al.* (2007) en Cuba; Torres *et al.* (2007) en México; Anjos *et al.* (2008) en Brasil y Rodríguez *et al.* (2009) en Cuba, los cuales obtuvieron

valores de MS que oscilan entre los 23 y 34,3 % en las edades de seis a 12 meses.

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.

En la Figura 2 se pueden observar los valores de cenizas de las diferentes fracciones de la planta a los seis, ocho y 11 meses de edad de rebrote en cada uno de los cultivares evaluados.

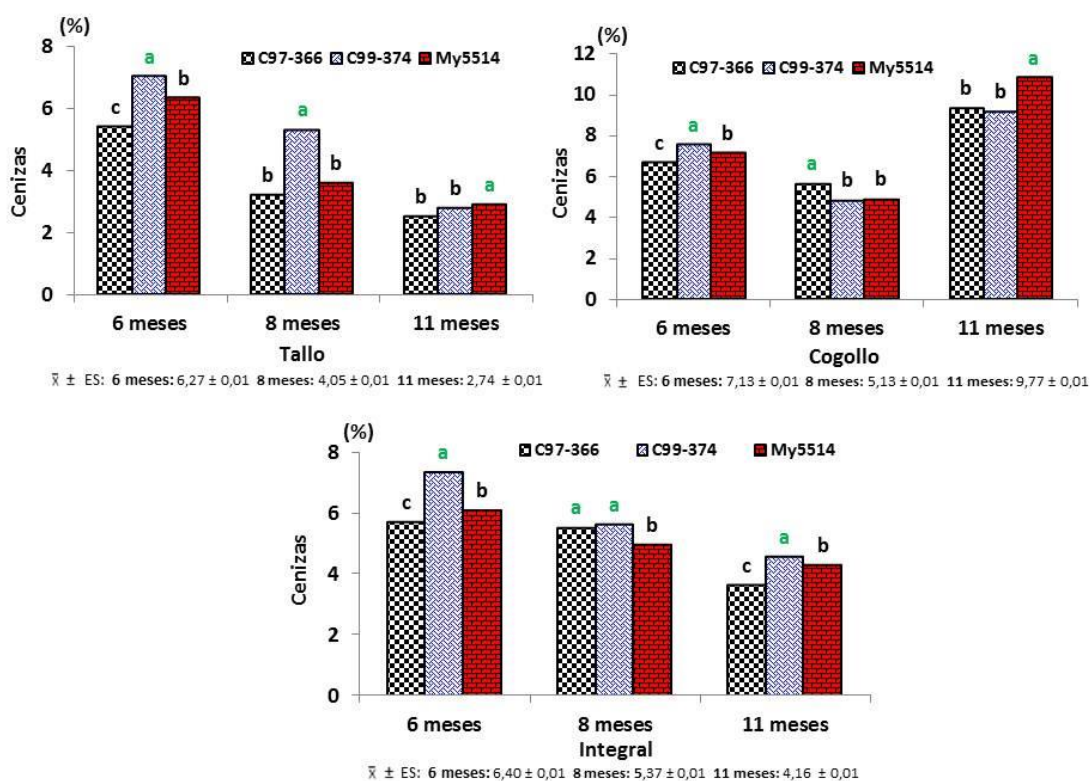


Figura 2. Comportamiento de las cenizas según fracción de la planta y edad.

El conocimiento del contenido de cenizas es fundamental, al ser la porción que nos indica el contenido de minerales que posee un alimento, los cuales juegan un papel importante en muchos procesos metabólicos. También, muchos de los minerales 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.*, 2006). Sin embargo, existen otros minerales que en elevadas concentraciones en un alimento pueden ocasionar trastornos fisiológicos en los procesos metabólicos de los animales. En el caso específico de los rumiantes un alimento con una elevada concentración de cenizas puede provocar la disminución en la producción de energía en el rumen.

En la Figura 2 se aprecia que en cada una de las edades evaluadas los valores obtenidos de cenizas correspondientes a la fracción de la planta representada por el cogollo en los genotipos en estudio son muy variables. A los seis meses de edad el cultivar C99-374 mostró diferencias estadísticamente significativas con relación a los restantes evaluados, de la misma forma ocurrió a los ocho meses con el C97-366 y a los 11 meses con el My5514.

En la porción del tallo se puede apreciar en la Figura 2 que el cultivar C99-374 alcanzó los mayores valores de cenizas a los seis y ocho meses de edad, los cuales difieren estadísticamente de los dos restantes genotipos en estudio. A los 11 meses de edad el cultivar My5514 mostró el mayor contenido de cenizas en esta fracción de la planta, resultado que difiere estadísticamente con respecto a los dos nuevos cultivares evaluados.

Como se aprecia en la Figura 2 con relación al contenido de cenizas en la planta evaluada de forma integral el cultivar C99-374 alcanzó los mayores valores a los seis, ocho y 11 meses de edad, resultados que difieren estadísticamente con respecto a los restantes genotipos evaluados, exceptuando a los ocho meses en el cual el cultivar C97-366 no difiere estadísticamente del mismo.

En la fracción del cogollo los resultados obtenidos son muy variables, a los seis meses de edad los cultivares alcanzan un mayor porcentaje de cenizas en comparación con los ocho meses. Posteriormente incrementan el contenido de este indicador de una forma bien marcada a los 11 meses de edad, valores que se identifican como los mayores obtenidos en el estudio. El comportamiento de esta fracción reafirma los resultados obtenidos del análisis de correlación simple entre la edad de rebrote y el contenido de cenizas en el cogollo, al mostrar un coeficiente de correlación bajo (0,63) y no resultar significativo, al menos para el modelo lineal (Tabla 7).

Tabla 7. Modelos lineales que expresan la relación entre la edad y el contenido de cenizas por fracción de la planta.

| Indicador | Fracción de la planta | Ecuación de regresión | r | Sig. |
|--|-----------------------|---|---------------|-----------|
| Cenizas | Tallo | $y = 10,0532 - 0,684123 * \text{Edad}$ | - 0,88 | ** |
| | Cogollo | $y = 2,27167 + 0,608333 * \text{Edad}$ | 0,63 | ns |
| | Integral | $y = 9,017228 - 0,444474 * \text{Edad}$ | - 0,88 | ** |
| ** significativo ($P < 0,01$) | | ns: no significativo | | |

Con relación a la porción de la planta representada por el tallo se puede observar en la Figura 2 que el porcentaje de cenizas va disminuyendo en cada uno de los cultivares evaluados a medida que aumenta la edad. Resultados muy similares

también lo manifiesta el contenido de cenizas de la planta evaluada de forma integral.

El comportamiento de ambas fracciones corroboran los resultados de la Tabla 7, donde se aprecian altos coeficientes de correlación (- 0,88) y muy significativos. El signo negativo de estos coeficientes indica, desde el punto de vista biológico, que a medida que la planta gana en edad el contenido de ceniza en el tallo y en la planta de forma integral tiende a disminuir. Un comportamiento similar informó Pate (2002) en el sur de la Florida.

Estos resultados se fundamentan en que la planta a medida que gana en edad necesita hacer uso de todos los fotoasimilados que ha elaborado en cada una de sus etapas vegetativas, los cuales se hacen cada vez más escasos en el decursar del tiempo por la exigencia de los mismos principalmente en las fases vegetativas 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 (Wiley, 2014).

Los resultados del estudio son similares a los obtenidos por Franco (1981) en un estudio de siete cultivares de caña de azúcar, en la zona del Escambray, donde publicaron valores entre 3,12 y 5,26 % de cenizas a los 12 meses de edad.

También los valores obtenidos se encuentran dentro del rango informado por Heuzé *et al.* (2015) al publicar valores que oscilan entre 3,3 y 12,2 % de cenizas, como resultado de una recopilación de bibliografía relacionada con la composición química de la caña de azúcar.

Por su parte, Anjos *et al.* (2008) informan como valor máximo 2,62 % de cenizas en un estudio realizado en cultivares brasileños de caña de azúcar, los cuales son inferiores a los alcanzados en este estudio.

La PB es un indicador de la composición bromatológica que depende de la capacidad que tenga la planta de extraer la mayor cantidad de nitrógeno asimilable del suelo, por lo que tiene gran influencia las propiedades químicas del mismo.

En la Figura 3 se pueden observar los valores de PB de las diferentes partes de la planta a los seis, ocho y 11 meses de edad de rebrote en cada uno de los cultivares evaluados.

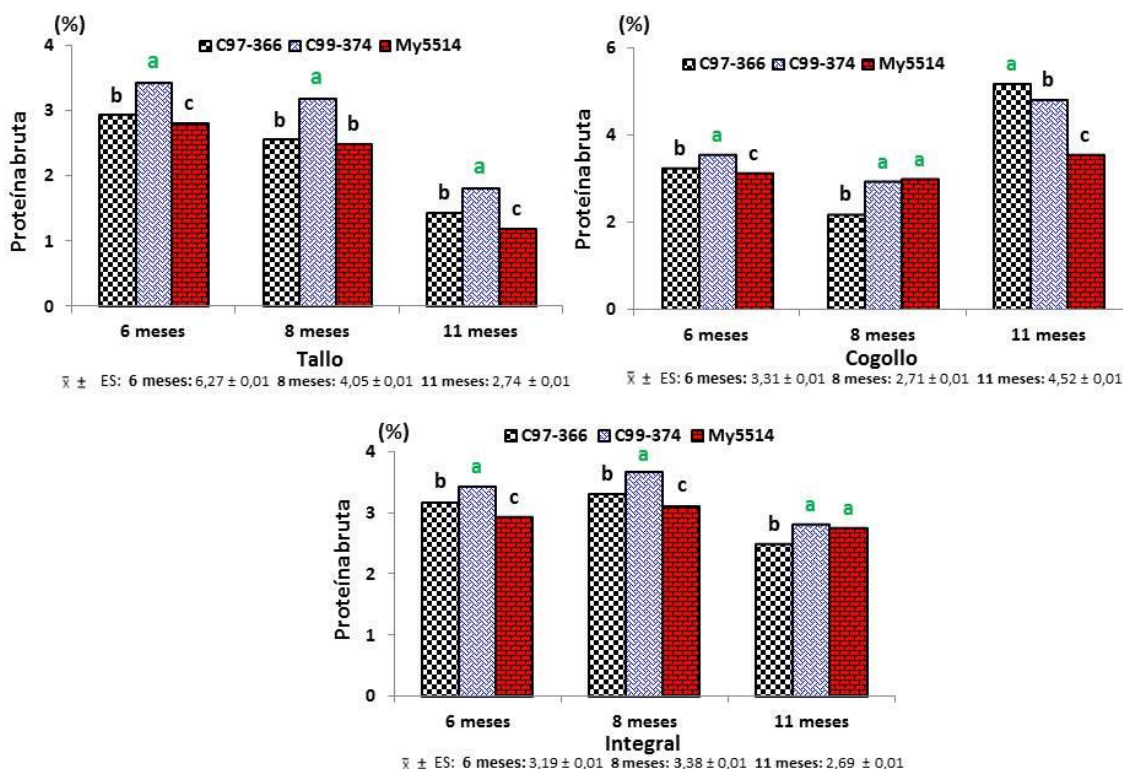


Figura 3. Comportamiento de la PB según fracción de la planta y edad.

Como se puede apreciar en la Figura 3 el cultivar C99-374 mostró los mayores valores de PB en la fracción del cogollo a los seis meses de edad, resultado que difiere estadísticamente de los restantes genotipos evaluados. El cultivar My5514 a los ocho meses alcanzó el mayor valor de este indicador, el cual no manifestó diferencias estadísticamente significativas con respecto al cultivar C99-374, pero sí con respecto al C97-366. A los 11 meses de edad el cultivar C97-366 mostró diferencias estadísticamente significativas con relación a los restantes genotipos en estudio.

En la fracción del tallo el cultivar C99-374 alcanzó los mayores valores de PB a los seis, ocho y 11 meses de edad, resultados que difieren estadísticamente con relación a los restantes genotipos en estudio.

En la planta de forma integral el cultivar C99-374 alcanzó los mayores valores de PB a los seis, ocho y 11 meses, respectivamente, resultados que difieren estadísticamente con relación a los restantes genotipos, con la excepción del cultivar My5514 que a los 11 meses no mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto al mismo.

Como se aprecia en la Figura 3 la fracción de la planta perteneciente al tallo mostró una tendencia a la disminución del contenido de PB con la edad de rebrote, comportamiento que se justifica con el valor de alta significación del coeficiente de correlación (- 0,90) que se observa en la Tabla 8.

Tabla 8. Modelos lineales que expresan la relación entre la edad y la PB por fracción de la planta.

| Indicador | Fracción de la planta | Ecuación de regresión | r | Sig. |
|-----------------------------------|-----------------------|--|---------------|------------|
| PB | Tallo | $y = 5,14018 - 0,325088 * \text{Edad}$ | - 0,90 | *** |
| | Cogollo | $y = 1,26518 + 0,269912 * \text{Edad}$ | 0,62 | ns |
| | Integral | $y = 4,00842 - 0,110877 * \text{Edad}$ | - 0,65 | ns |
| *** significativo ($P < 0,001$) | | ns: no significativo | | |

Las fracciones pertenecientes al cogollo y a la planta de forma integral mostraron coeficientes de correlación bajos (0,62 y - 0,65) y no significativos, lo que indica que no existe relación significativa entre la edad y el contenido de PB, al menos para el modelo lineal.

Desde el punto de vista nutritivo estos valores de PB son bajos, pero son característicos de la planta de caña de azúcar, la cual es un alimento rico en energía, proporcionada por su alto contenido en azúcares y fibra, pero presenta un bajo contenido de proteína y su contenido en minerales es desbalanceado, fundamentalmente en calcio y fósforo (Anon, 2000; Delgado, 2002; Martín, 2004, Preston, 2003; Rincón, 2005; Chaves, 2007; Vassallo, 2007).

Estas razones condicionan que la caña de azúcar sola no constituya un alimento para la alimentación de rumiantes, por lo que se hace necesaria la suplementación con otras fuentes alimenticias para suplir sus deficiencias. Al respecto, Stuart (2002), Torres *et al.* (2007), Mendoza-Martínez *et al.* (2008), Chávez (2009), Fernández *et al.* (2009), Rodríguez (2009), González y Rodríguez (2010), Rodríguez *et al.* (2013), Fernández *et al.* (2014b) y Pérez (2014) hacen énfasis en la utilización como principales suplementos del forraje de caña de azúcar, las leguminosas forrajeras, urea como fuente de NNP, king grass, harinas (algodón,

sorgo y maíz), pulidura de arroz, afrecho de trigo, sales minerales comerciales, harina de hueso y pastos de regular a buena calidad.

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los publicados por Franco (1981) en un estudio realizado en siete cultivares de caña de azúcar en la zona del Escambray; Urdaneta (2005) en Venezuela; Fundora *et al.* (2007) en Cuba; Torres *et al.* (2007) en México; Anjos *et al.* (2008) en Brasil; Albarracín *et al.* (2009) en Colombia; Rodríguez *et al.* (2009) en Cuba y Aguirre *et al.* (2010) en México, los cuales se encuentran dentro del rango de 1,5 a 4,8 % de PB entre las edades de seis a 12 meses.

También los resultados alcanzados se encuentran dentro del rango informado por Heuzé *et al.* (2015) al publicar valores que oscilan entre 1,1 y 9,1 % de PB, como resultado de una recopilación de bibliografía relacionada con la composición química de la caña de azúcar.

En la Figura 4 se pueden observar los valores de P de las diferentes partes de la planta a los seis, ocho y 11 meses de edad de rebrote en cada uno de los cultivares evaluados.

El contenido de P en las tres fracciones de la planta (cogollo, tallo e integral) de los cultivares en estudio no mostró diferencias estadísticamente significativas en las edades evaluadas (Figura 4).

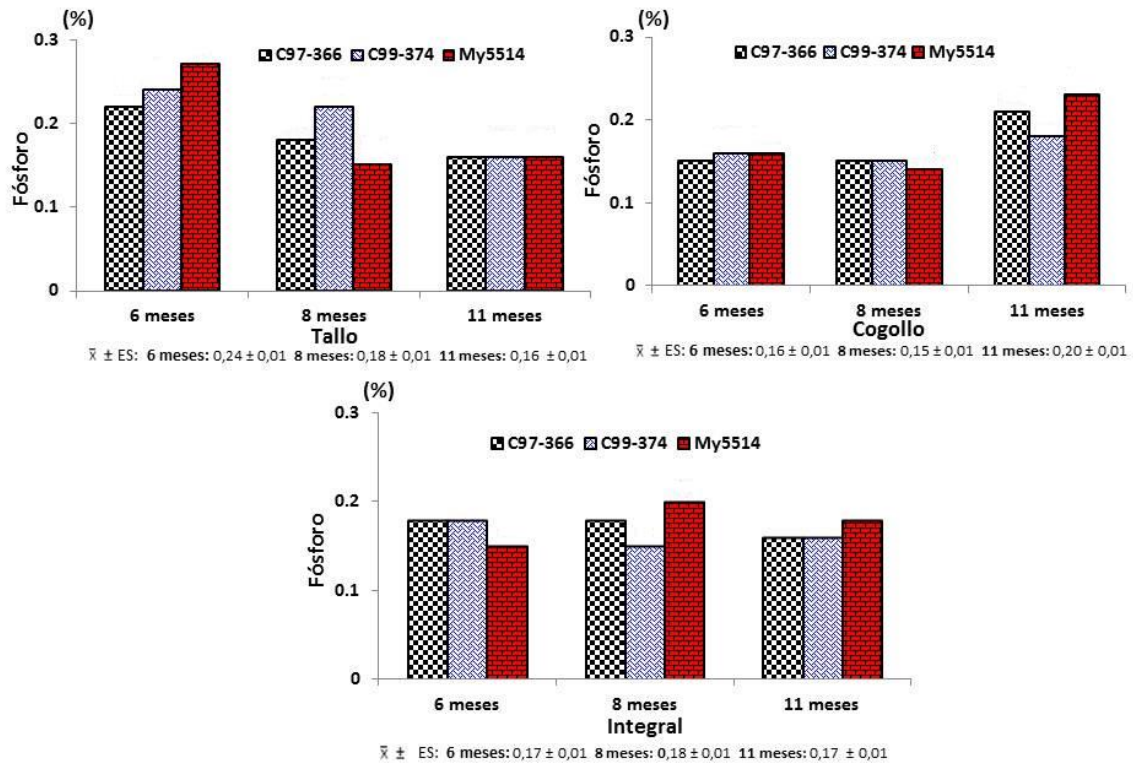


Figura 4. Comportamiento del P según fracción de la planta y edad.

En la fracción del tallo se aprecia una tendencia a la disminución del P con el incremento de la edad de rebrote. Comportamiento que se reafirma en la Tabla 9 al obtenerse un coeficiente de correlación significativo de $-0,81$, valor que indica una correlación negativa entre la edad de rebrote y el contenido de P, es decir a medida que aumenta la edad de rebrote disminuye este mineral en la fracción del tallo. Todo lo contrario ocurre en el cogollo, al obtenerse una correlación positiva con un coeficiente de correlación significativo de $0,76$.

Tabla 9. Modelos lineales que expresan la relación entre la edad y el P por fracción de la planta.

| Indicador | Fracción de la planta | Ecuación de regresión | r | Sig. |
|--------------------------------|-----------------------|--|----------------------|-----------|
| P | Tallo | $y = 0,328596 - 0,0159649 * \text{Edad}$ | - 0,81 | ** |
| | Cogollo | $y = 0,0800877 + 0,0107895 * \text{Edad}$ | 0,76 | * |
| | Integral | $y = 0,178421 - 0,000877193 * \text{Edad}$ | - 0,11 | ns |
| * significativo ($P < 0,05$) | | ** significativo ($P < 0,01$) | ns: no significativo | |

Este comportamiento con respecto a la disminución del contenido de P en las fracciones del tallo y al aumento en el cogollo se debe a que esta última fracción anteriormente mencionada es la más activa desde el punto de vista fisiológico de la planta a los 11 meses de edad de rebrote, lo que pone de manifiesto lo publicado por Barrera (2010), García (2011) y Villegas *et al.* (2013) acerca de la translocación de este elemento en la planta, que sostiene el criterio generalizado que el contenido de P disminuye con la edad, al ser un mineral que generalmente está presente en altas concentraciones en órganos jóvenes y en activo crecimiento, y su concentración disminuye en tejidos de las hojas y tallos de mayor edad.

En la Tabla 9, con relación a la fracción de la planta integral se aprecia que existe una débil correlación no significativa entre la edad de rebrote y el contenido de P, al obtenerse un valor muy bajo (- 0,11) de coeficiente de correlación.

Desde el punto de vista nutritivo se puede afirmar que los valores de P obtenidos son bajos, pero teniendo en cuenta las características de la caña de azúcar que constituye un alimento de bajo contenido de P y al compararlo con los informados por Fundora *et al.* (2007) en Cuba; Anjos *et al.* (2008) en Brasil; Albarracín *et al.*

(2009) en Colombia y Rodríguez *et al.* (2009) en Cuba y que informan valores que oscilan entre 0,038 y 0,20 % se pueden catalogar de aceptables.

Por su parte, Heuzé *et al.* (2015) publica valores de P que oscilan entre 0,6 y 3,0 g/kg 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 el autor anteriormente citado.

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 estos cultivares y después del corte de establecimiento con el portador superfosfato triple, el cual se depositó teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo y las necesidades de este elemento en el suelo.

En la Figura 5 se pueden observar los valores de K de las diferentes partes de la planta a los seis, ocho y 11 meses de edad de rebrote en cada uno de los cultivares evaluados.

El cultivar C99-374 mostró los mayores valores de K en la fracción del cogollo en las tres edades de rebrote evaluadas, resultados que con la excepción del cultivar My5514 a los seis meses difieren estadísticamente con relación a los restantes genotipos en estudio (Figura 5).

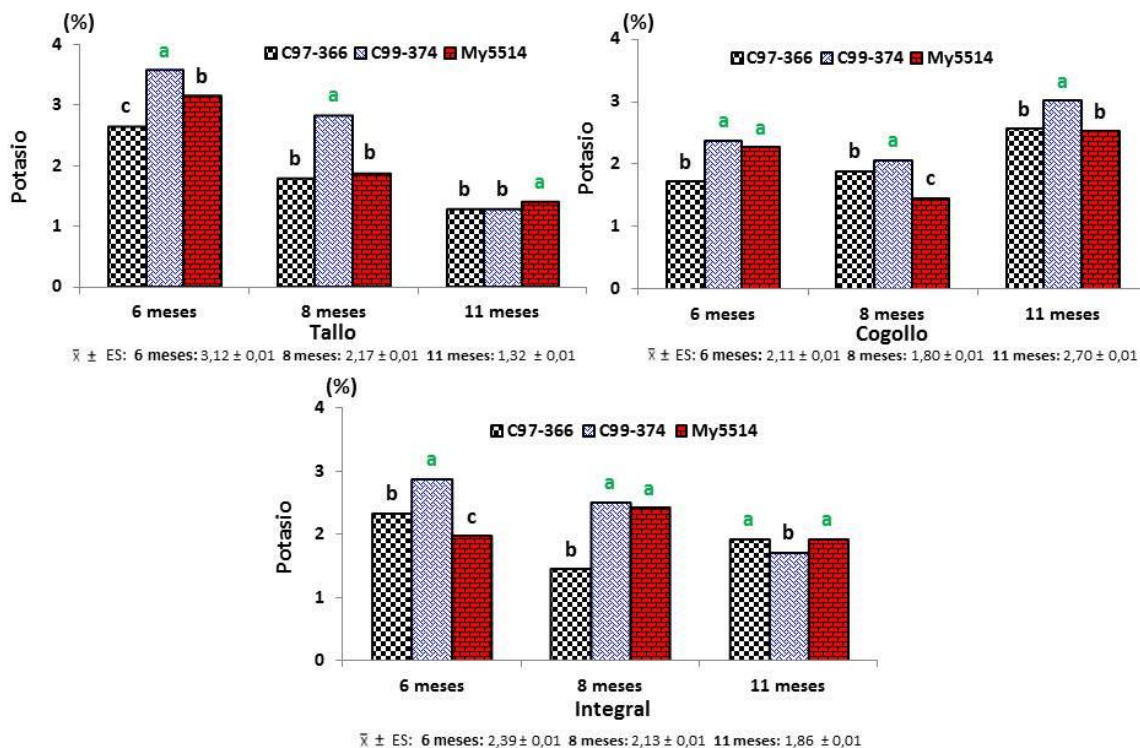


Figura 5. Comportamiento del K según fracción de la planta y edad.

De manera general los tres cultivares no mostraron una tendencia al incremento o disminución del contenido de K en la fracción del cogollo, lo que se corrobora con los resultados del coeficiente de correlación no significativo de 0,59 que se puede apreciar en la Tabla 10.

Tabla 10. Modelos lineales que expresan la relación entre la edad y el K por fracción de la planta.

| Indicador | Fracción de la planta | Ecuación de regresión | r | Sig. |
|---------------------------------|-----------------------|--|--------|------|
| K | Tallo | $y = 5,15728 - 0,354474 * \text{Edad}$ | - 0,89 | ** |
| | Cogollo | $y = 1,10939 + 0,13114 * \text{Edad}$ | 0,59 | ns |
| | Integral | $y = 3,0086 - 0,105965 * \text{Edad}$ | - 0,52 | ns |
| ** significativo ($P < 0,01$) | | ns: no significativo | | |

En la porción del tallo el cultivar C99-374 alcanzó los mayores valores a los seis y ocho meses de edad, resultados que difieren estadísticamente de los restantes

genotipos evaluados. A los 11 meses el cultivar My5514 mostró el mayor valor de este indicador, el cual difiere estadísticamente de los dos nuevos cultivares en estudio.

De manera particular se puede afirmar que el contenido de K en la porción del tallo tiene una tendencia a disminuir a medida que la planta gana en edad. Esta afirmación se confirma con los resultados que se observan en la Tabla 10, en la que se aprecia que existe una fuerte correlación negativa (- 0,89) muy significativa entre la edad de rebrote y el contenido de K en el tallo.

En la planta de forma integral el cultivar C99-374 alcanzó los mayores valores de K a los seis meses, resultados que difieren estadísticamente de los restantes genotipos evaluados. A los ocho meses este mismo cultivar alcanzó los mayores valores, resultado que difiere estadísticamente del C97-366 pero no del cultivar My5514. Sin embargo, estos dos últimos genotipos citados anteriormente alcanzaron los mayores valores a los 11 meses de edad, los cuales a su vez difieren estadísticamente del cultivar C99-374.

Esta fracción integral de la planta tampoco mostró una correlación significativa entre la edad de rebrote y el contenido de K, al obtenerse un coeficiente de correlación de 0,59.

Resultados similares a los obtenidos en el estudio fueron publicados por Heuzé *et al.* (2015) como resultado de una recopilación bibliográfica en la temática relacionada con la composición química de la caña de azúcar. Este autor informó valores que oscilan entre 10,3 y 40,7 g/kg MS.

Por su parte Anjos *et al.* (2008) publicó valores de K entre 0,29 -1,37 % en cultivares brasileños de caña de azúcar, los que son inferiores a los alcanzados en el estudio.

En la Tabla 11 se puede apreciar el rendimiento de nutrientes por fracciones de la planta a los 11 meses de edad. Resultados que se muestran a partir de los valores de producción de biomasa verde y seca obtenidos por Llanes *et al.* (2014) en una evaluación realizada para determinar el comportamiento de indicadores fenológicos y la aceptabilidad por ovinos de los dos nuevos cultivares y el testigo My5514 en las mismas condiciones edafoclimáticas y en el mismo período que se llevó a cabo este estudio.

Como se aprecia en la Tabla 11 el mayor rendimiento de MS en la fracción integral lo alcanzó el cultivar C97-366, resultado que difiere estadísticamente de los dos restantes genotipos en estudio. Con relación a la PB y el P no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares. En cuanto al rendimiento de K los cultivares C97-366 y My5514 mostraron los mayores valores, los cuales difieren estadísticamente con respecto al cultivar C99-374.

En la fracción del tallo no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares. Con relación al cogollo el cultivar C97-366 alcanzó el mayor valor de MS, el cual no difiere estadísticamente del testigo My5514 pero sí con respecto al C99-374, genotipo que tampoco difiere estadísticamente del cultivar forrajero My5514 (Tabla 11).

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

| Cultivar | Integral (t/ha) | | | |
|------------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| | MS | PB | P | K |
| C97-366 | 37,28 ^a | 0,93 | 0,06 | 0,72 ^a |
| C99-374 | 32,00 ^b | 0,90 | 0,05 | 0,55 ^b |
| My5514 | 33,70 ^b | 0,93 | 0,06 | 0,65 ^a |
| $\bar{X} \pm ES$ | 34,32 \pm 0,93 | 0,92 \pm 0,03 | 0,06 \pm 0,002 | 0,64 \pm 0,02 |
| Sig. | * | ns | ns | * |

| Cultivar | Tallo (t/ha) | | | |
|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| | MS | PB | P | K |
| C97-366 | 28,81 | 0,41 | 0,05 | 0,37 |
| C99-374 | 26,96 | 0,39 | 0,04 | 0,35 |
| My5514 | 27,16 | 0,32 | 0,04 | 0,38 |
| $\bar{X} \pm ES$ | 27,64 \pm 0,42 | 0,37 \pm 0,02 | 0,04 \pm 0,002 | 0,36 \pm 0,001 |
| Sig. | ns | ns | ns | ns |

| Cultivar | Cogollo (t/ha) | | | |
|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | MS | PB | P | K |
| C97-366 | 8,47 ^a | 0,49 ^a | 0,02 ^a | 0,22 |
| C99-374 | 5,04 ^b | 0,24 ^b | 0,01 ^b | 0,15 |
| My5514 | 6,54 ^{ab} | 0,24 ^b | 0,02 ^a | 0,17 |
| $\bar{X} \pm ES$ | 6,68 \pm 0,59 | 0,32 \pm 0,04 | 0,01 \pm 0,002 | 0,18 \pm 0,01 |
| Sig. | * | ** | ** | ns |

* Significativo según Tukey (P<0,05). ** Significativo según Tukey (P<0,01).

El mayor valor de PB en el cogollo lo alcanzó el cultivar C97-366, resultado que difiere estadísticamente con relación a los dos restantes en estudio. Los cultivares C97-366 y My5514 mostraron diferencias estadísticamente significativas con el cultivar C99-374, al mostrar los mayores valores de P. En cuanto al K no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares en el estudio.

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

Es importante señalar, que el rendimiento de nutrientes en los cultivares de caña de azúcar para forraje está dado 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, en condiciones de secano.

De manera particular, el cultivar C97-366 se destacó al alcanzar los mayores valores 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, 2007; Villalba *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2013) por presentar fibras largas de alta calidad biológica que estimulan al incremento de su consumo por el animal.

En la Figura 6 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 los tres cultivares en estudio a las edades de rebrote de seis, ocho y 11 meses respectivamente.

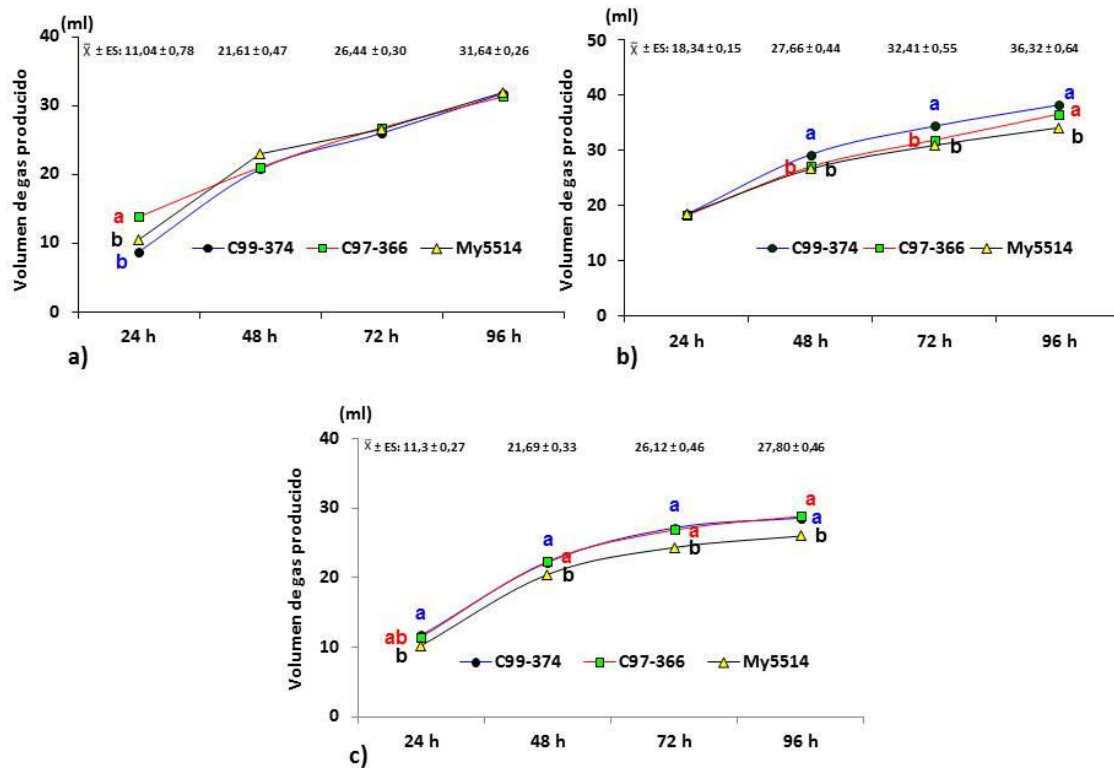


Figura 6. Comportamiento de la producción de gas *in vitro* de los tres cultivares durante la corrida en las edades de rebrote: a) seis meses b) ocho meses c) 11 meses.

Como se observa en la Figura 6 a la edad de seis meses solo se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares a las 24 h de incubación, donde el cultivar C97-366 manifestó el mayor valor de producción de gas *in vitro*. A los ocho meses de edad no se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares a las 24 h de incubación, sin embargo, a las 48, 72 y 96 h el cultivar C99-374 mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto a los dos restantes cultivares en estudio, con la excepción del cultivar C97-366 que a las 96 h de incubación no difiere estadísticamente del mismo. A los 11 meses de edad se observaron

diferencias estadísticamente significativas a las 24, 48, 72 y 96 h de iniciada la corrida. Los nuevos cultivares C99-374 y C97-366 alcanzaron los mayores valores de producción de gas *in vitro* en el estudio, solo el cultivar C97-366 no mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo My5514 a las 24 h de iniciada la corrida.

Los resultados alcanzados revelan con claridad que los dos nuevos cultivares manifiestan una buena degradabilidad ruminal al producir volúmenes de gas *in vitro* similares e incluso superiores al cultivar testigo My5514 en las tres corridas correspondientes a los seis, ocho y 11 meses de edad realizadas.

En la Figura 7 se muestran gráficos del comportamiento de los parámetros de producción de gas *in vitro* de los cultivares evaluados a los seis, ocho y 11 meses de edad de rebrote.

A los seis meses de edad los valores de la fase *lag* y del potencial de producción de gas *in vitro* oscilaron entre 2,10 – 2,96 h y 37,54 – 52,09 ml, respectivamente, mientras que los valores de velocidad de producción de gas fluctuaron entre 0,011– 0,024 h⁻¹.

Los valores obtenidos en la fase *lag* fueron muy similares entre cultivares, para el caso del potencial de producción de gas el cultivar C99-374 mostró el mayor valor precedido por el My5514 y C97-366. Con relación a la velocidad de producción de gas el cultivar C97-366 alcanzó el mayor valor precedido por el My5514 y C99-374.

A los ocho meses de edad los valores de la fase *lag* y del potencial de producción de gas *in vitro* oscilaron entre 4,26 – 4,57 h y 39,72 – 45,51 ml, respectivamente, mientras que los valores de velocidad de producción de gas fluctuaron entre 0,028– 0,033 h⁻¹.

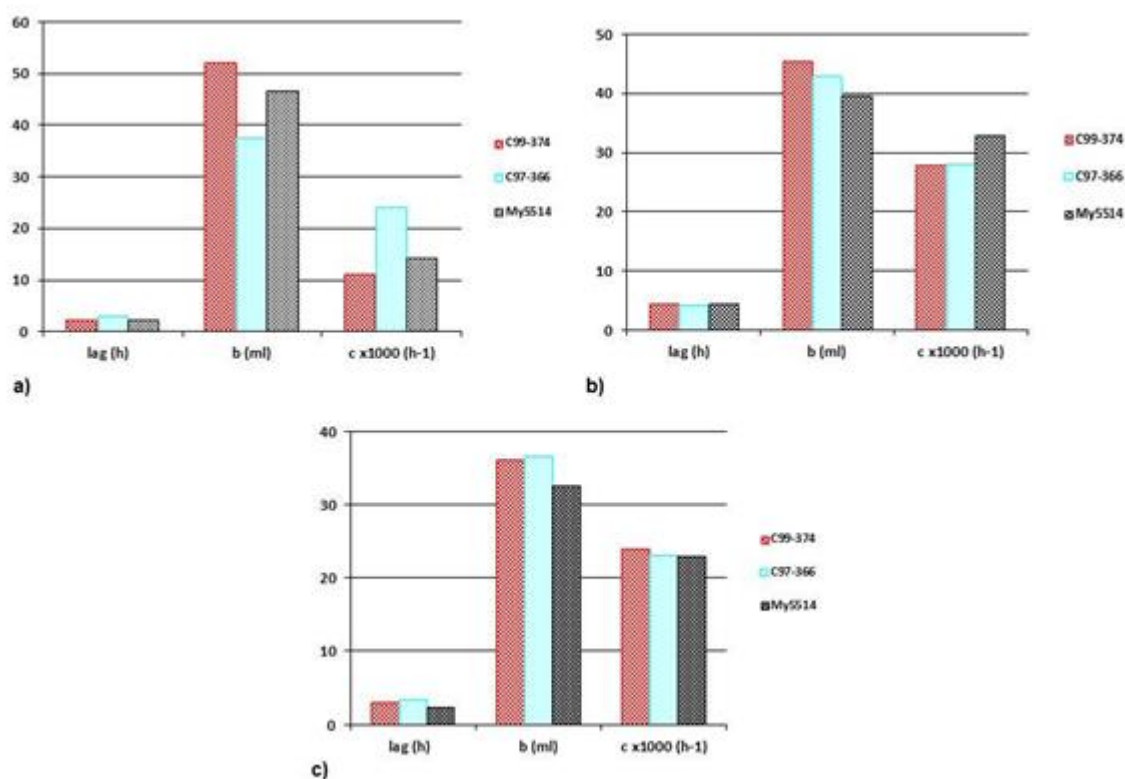


Figura 7. Comportamiento de los parámetros de producción de gas *in vitro* de los cultivares evaluados a diferentes edades: a) seis meses, b) ocho meses c) 11 meses.

Los valores obtenidos en la fase *lag* fueron muy similares entre cultivares, al igual que para los alcanzados en el potencial de producción de gas y velocidad de producción de gas, donde se destacan los cultivares C99-374 y My5514 en los dos últimos parámetros mencionados.

A los 11 meses de edad los valores de la fase *lag* y del potencial de producción de gas *in vitro* oscilaron entre 2,48 – 3,27 h y 32,73 – 36,64 ml, respectivamente, mientras que los valores de velocidad de producción de gas fluctuaron entre 0,023– 0,024 h⁻¹.

Los valores obtenidos en la fase *lag*, en el potencial de producción de gas y en la velocidad de producción de gas fueron muy similares entre cultivares.

Los resultados alcanzados en la fase *lag* del estudio son inferiores a los publicados 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. Con relación a la velocidad de gas, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango publicado por este autor.

González (2010) publicó, con relación a los parámetros de producción de gas *in vitro* obtenidos en el estudio, valores superiores de la fase *lag* e 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*.

De manera general los valores de la fase *lag* obtenidos en cada una de las corridas se pueden considerar bajos, lo que demuestra la habilidad de los cultivares para suministrar MO fermentable a los microorganismos del rumen. Estos resultados se atribuyen a que las muestras de caña de azúcar están compuestas por carbohidratos solubles de fácil degradación, además las heces

recolectadas para preparar el inóculo en cada corrida provenían de bovinos a los cuales se les suministra diariamente una ración de caña molida, por lo cual los microorganismos presentes en las mismas estaban mejor adaptados a este tipo de alimento y por tanto comenzaron el proceso degradativo de las muestras con gran rapidez (Tscherning *et al.*, 2002; Posada y Noguera, 2005; Martínez, 2008; González, 2010; León, 2012).

También es muy importante destacar que los tres cultivares estaban sometidos a las mismas condiciones desde su plantación y hasta la realización de las corridas de producción de gas *in vitro*.

Para los casos de la velocidad y el potencial de producción de gas los valores 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 a la fracción integral de la planta, en la que el tallo ocupa entre el 49 y el 84 % de la muestra total en las tres edades de rebrote evaluadas (Llanes *et al.*, 2014), y si se tiene en cuenta 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.

En la Figura 8 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 los tres cultivares en estudio.

Como se aprecia en la Figura 8 el cultivar My5514 alcanzó los mayores valores de producción de gas *in vitro* a los ocho meses de edad, resultados que difieren estadísticamente de las edades seis y 11 meses respectivamente en los cuatro tiempos evaluados durante la corrida. Similar comportamiento mostraron los nuevos cultivares C97-366 y C99-374.

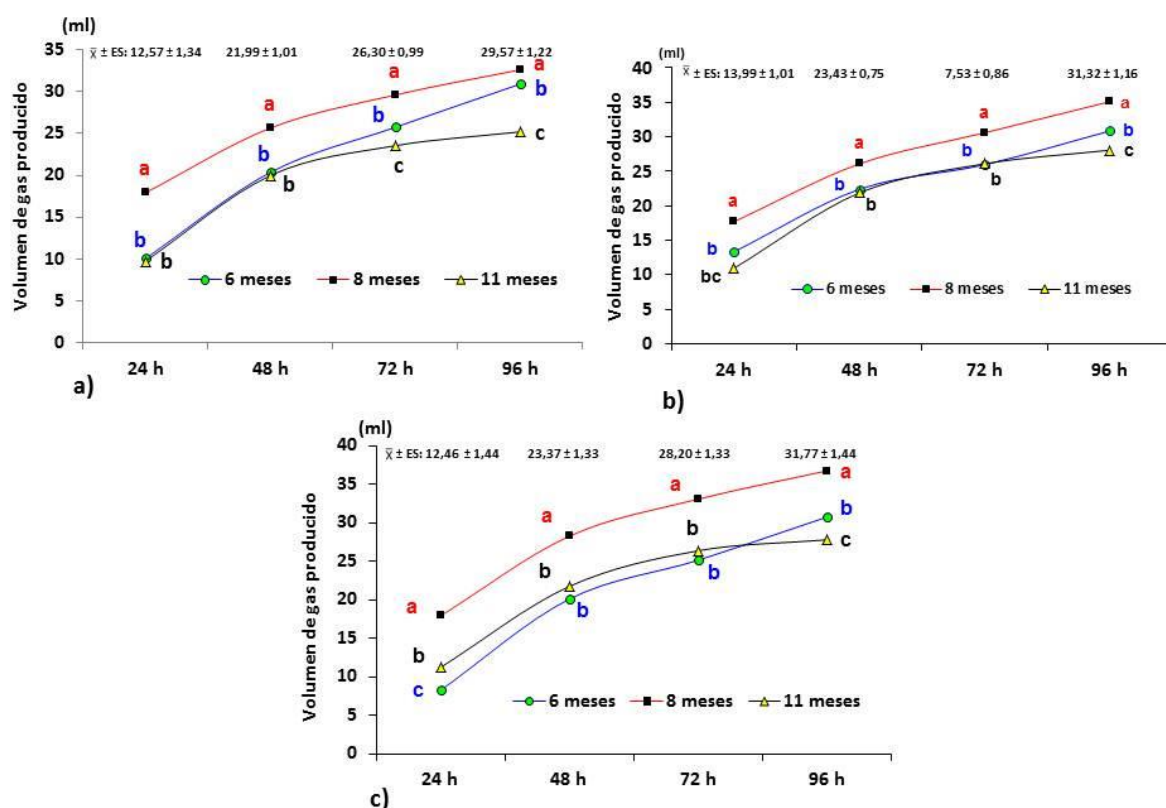


Figura 8. Comportamiento de la producción de gas *in vitro* a diferentes edades de rebrote durante la corrida en los cultivares: a) My5514 b) C97-366 c) C99-374.

Los resultados obtenidos reflejan con claridad que a los ocho meses los tres cultivares alcanzan el momento óptimo para su utilización como alimento animal,

edad en la cual pueden ser mejor aprovechados desde el punto de vista nutricional por los rumiantes.

Este comportamiento puede estar asociado a que esta fracción de la planta posee un menor contenido de fibra 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 degradativo del alimento.

Sin embargo, a pesar de los resultados obtenidos en el estudio, que indican que a los ocho meses los cultivos son mejor aprovechados por los animales, es lo más lógico recomendar su uso a los 11 meses. Edad en la cual 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. 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.

También con el objetivo de evitar el deterioro de la planta de caña de azúcar para forraje, motivado por el arribo de los cultivares a edades superiores a los 14 meses, se recomienda la plantación del área seleccionada en dos etapas, lo que permitiría el suministro de la planta al animal en el momento que posea un buen valor nutritivo, en aras de incrementar las producciones de leche y carne en las áreas agropecuarias del país.

Con el objetivo de determinar que cultivares tienen un mejor valor nutritivo con respecto a la digestibilidad expresada mediante la producción de gas *in vitro* se realizó un análisis de conglomerados, técnica que permite conocer el grado de similitud o diferenciación entre cultivares. Este análisis ha sido muy utilizado en los últimos años para establecer grupos de especies o accesiones con caracteres agronómicos específicos, sobre la base de su expresión cuantitativa (Seguí y Machado, 1992).

Al analizar el dendograma de la Figura 9 se puede apreciar la formación de dos grupos. El grupo I formado por los nuevos cultivares C97-366 y C99-374 y el grupo II por el cultivar testigo My5514.

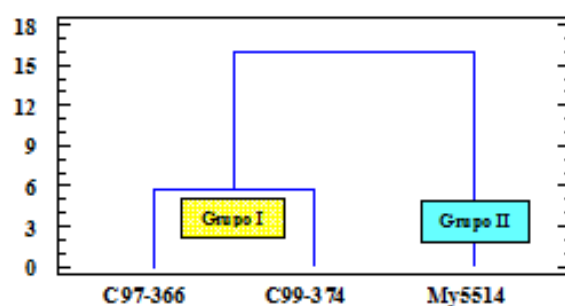


Figura 9. Agrupamiento de los cultivares según la producción de gas *in vitro*.

En la Tabla 12 se puede apreciar el resumen del análisis de conglomerados según los grupos formados, donde aparecen los valores medios por cada variable.

Tabla 12. Resumen del análisis de conglomerados según grupos formados.

| Indicadores | Grupo I | Grupo II |
|---|-----------|-----------|
| | \bar{X} | \bar{X} |
| Producción de gas <i>in vitro</i> a los seis meses de edad de rebrote (ml) | 30,78 | 31,91 |
| Potencial de producción de gas <i>in vitro</i> a los seis meses de edad de rebrote (ml) | 44,82 | 46,52 |
| Producción de gas <i>in vitro</i> a los ocho meses de edad de rebrote (ml) | 37,43 | 34,65 |
| Potencial de producción de gas <i>in vitro</i> a los ocho meses de edad de rebrote (ml) | 44,17 | 39,72 |
| Producción de gas <i>in vitro</i> a los 11 meses de edad de rebrote (ml) | 28,71 | 26,00 |
| Potencial de producción de gas <i>in vitro</i> a los 11 meses de edad de rebrote (ml) | 36,42 | 32,73 |

En este análisis se puede observar que los nuevos cultivares C97-366 y C99-374, pertenecientes al grupo I, solo manifestaron a los seis meses de edad de rebrote valores medios inferiores de producción de gas *in vitro* y potencial de producción de gas en comparación con el cultivar My5514, perteneciente al grupo II. Este resultado se fundamenta en que estos análisis corresponden a la fracción de la planta integral, por lo que si se tiene en consideración que el cultivar My5514 manifiesta un ritmo de crecimiento acelerado en las primeras fases vegetativas, lo que propicia la formación de tallos bien definidos ya a la edad de seis meses de rebrote, comportamiento que no manifiestan los nuevos cultivares, entonces propicia que las muestras analizadas del cultivar testigo posean un mayor contenido de carbohidratos solubles de fácil fermentación en comparación con los cultivares pertenecientes al grupo I.

A partir de los ocho y hasta los 11 meses de edad de rebrote los nuevos cultivares, pertenecientes al grupo I, manifestaron los mayores valores medios de producción de gas *in vitro* y potencial de producción de gas *in vitro* en

comparación con el cultivar My5514, perteneciente al grupo II. Resultados que confirman la buena digestibilidad *in vitro* que poseen estos dos nuevos cultivares forrajeros al superar al testigo My5514.

Este resultado es de gran importancia práctica si se tiene en cuenta que en un estudio realizado por Suárez *et al.* (2006) al evaluar 26 genotipos de caña de azúcar para la alimentación animal obtuvo para el caso del cultivar testigo My5514 valores de digestibilidad *in vivo* de 51,6 % de la MS, por lo que se puede presumir que los dos nuevos cultivares C97-366 y C99-374 superan el 50 % de la digestibilidad de la MS. Lo que es muy halagüeño, al ser este indicador del valor nutritivo una de los más determinantes a la hora de recomendar un alimento para el consumo animal.

Con la finalidad de determinar cuáles son los cultivares que tienen un mejor valor nutritivo *in vitro*, con respecto a los indicadores evaluados por fracción de la planta a los 11 meses de edad de rebrote, se realizó un análisis de conglomerados, técnica que permite conocer el grado de similitud o diferenciación entre cultivares.

Al analizar el dendograma de la Figura 10 se puede apreciar la formación de dos grupos. El grupo I formado por los nuevos cultivares C97-366 y C99-374 y el grupo II por el cultivar testigo My5514.

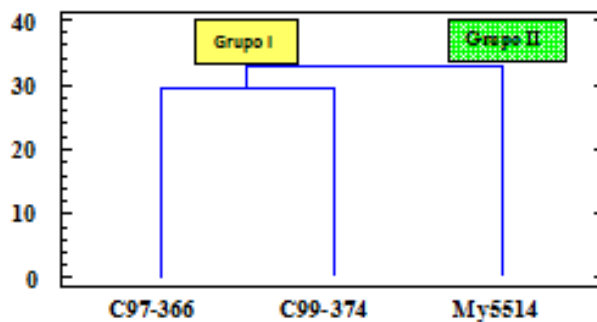


Figura 10. Agrupamiento de los cultivares según los indicadores del valor nutritivo *in vitro*.

En la Tabla 13 se puede apreciar el resumen del análisis de conglomerados según los grupos formados, donde aparecen los valores medios por cada variable.

En este análisis se puede observar que los nuevos cultivares C97-366 y C99-374, pertenecientes al grupo I, manifestaron valores medios muy similares de MS, P y K con relación al cultivar forrajero My5514, perteneciente al grupo II. Con respecto a las cenizas los valores medios de los cultivares del grupo I fueron inferiores al del grupo II. Para los casos de la producción de gas *in vitro*, el potencial de producción de gas *in vitro* y el contenido de PB los nuevos cultivares, pertenecientes al grupo I, mostraron valores medios superiores al grupo II, con la excepción del último indicador anteriormente mencionado, en la fracción de la planta integral que el cultivar testigo My5514, del grupo II, supera ligeramente el valor medio del grupo I, formado por los dos nuevos cultivares.

Tabla 13. Resumen del análisis de conglomerados según los grupos formados.

| Indicadores | Grupo I | Grupo II |
|---|-----------|-----------|
| | \bar{X} | \bar{X} |
| MS de la fracción del cogollo (%) | 24,34 | 24,55 |
| MS de la fracción del tallo (%) | 35,11 | 35,29 |
| MS de la fracción integral (%) | 31,27 | 31,34 |
| PB de la fracción del cogollo (% de la MS) | 5,00 | 3,56 |
| PB de la fracción del tallo (% de la MS) | 1,63 | 1,19 |
| PB de la fracción integral (% de la MS) | 2,66 | 2,75 |
| P de la fracción del cogollo (% de la MS) | 0,20 | 0,23 |
| P de la fracción del tallo (% de la MS) | 0,16 | 0,16 |
| P de la fracción integral (% de la MS) | 0,16 | 0,18 |
| K de la fracción del cogollo (% de la MS) | 2,79 | 2,52 |
| K de la fracción del tallo (% de la MS) | 1,28 | 1,40 |
| K de la fracción integral (% de la MS) | 1,82 | 1,93 |
| Cenizas de la fracción del cogollo (% de la MS) | 9,25 | 10,81 |
| Cenizas de la fracción del tallo (% de la MS) | 2,66 | 2,91 |
| Cenizas de la fracción integral (% de la MS) | 4,10 | 4,29 |
| Producción de gas <i>in vitro</i> (ml) | 28,71 | 26,00 |
| Potencial de producción de gas <i>in vitro</i> (ml) | 36,42 | 32,73 |

Un cultivar de caña de azúcar para ser utilizado como forraje para el consumo animal debe mostrar altos valores de digestibilidad (>50 %), expresada en este estudio en términos de producción de gas *in vitro* y potencial de producción de gas *in vitro*, así como una buena producción de MS, un buen contenido de PB y menor de cenizas, entonces los resultados obtenidos en el estudio permiten afirmar que los dos nuevos cultivares pertenecientes al grupo I poseen un mejor valor nutritivo *in vitro* que el cultivar forrajero My5514.

CONCLUSIONES

- ✓ Los nuevos cultivares de caña de azúcar C97-366 y C99-374 mostraron un mejor valor nutritivo *in vitro* que el testigo My5514, lo que avala su utilización como fuentes de forraje en la alimentación de rumiantes.
- ✓ Los indicadores de la composición química *in vitro* de los cultivares de caña de azúcar varían con la edad y fracción de la planta.
- ✓ El cultivar C97-366 aporta el mayor rendimiento de nutrientes por unidad de superficie, a los 11 meses de edad de rebrote, en la fracción del cogollo. En las fracciones del tallo e integral los tres cultivares mostraron resultados muy similares.
- ✓ Los cultivares mostraron los mayores valores de digestibilidad *in vitro* a los ocho meses de edad de rebrote. Los mejores resultados en este indicador del valor nutritivo *in vitro* lo alcanzaron los nuevos cultivares C97-366 y C99-374.

RECOMENDACIONES

- ✓ Evaluar valor nutritivo de estos dos nuevos cultivares plantados en diferentes suelos ganaderos de la provincia.
- ✓ Continuar estudios de valor nutritivo y rendimiento a edades mayores, así como de la posibilidad de plantación a diferentes momentos.
- ✓ Usar los resultados de la tesis en la docencia de pre y post grado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. (1995). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. (16th. ed.). Washington, E.U.A.: Autor.

A.O.A.C. (1990). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. (11th.ed.) Washington, E.U.A.: Autor.

Acosta, J. (2012). *Caracterización agronómica de dos nuevos clones de caña de azúcar (Saccharum spp.) con potencial forrajero*. Trabajo de grado, Ingeniero Agropecuario. Universidad “Ignacio Agramonte”, Camagüey, Cuba.

Adesogan, A., Givens, D., y Owen, E. (2000). *Measuring chemical composition and nutritive value in forages: Field and Laboratory methods for Grassland and Animal production research*. (3ra. ed.). Ireland, U.K: Autor.

Aguirre, J., Magaña, R., Martínez, S., Gómez, A., Ramírez, J., Barajas, R., et al. (2010). Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos. *Zootecnia Trop.*, 28 (4), 489-497.

Akhter, S. y Hossain, M. (1998). Cow faeces in vitro digestibility assays of forages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.*, 11 (1), 51-54.

Albarracín, L., L. Sánchez y G. García. (2004, 7 de marzo). Caña de azúcar ensilada. Una alternativa de alimentación para el ganado bovino en confinamiento. *Revista CORPOICA. Ciencia y tecnología agropecuaria*, 4 (1). Recuperado el 6 de enero de 2015, de: <http://www.corpoica.org.co.htm/>.

- Alvarez, F.J. (2012, 17 de marzo). *Experiencia con la caña de azúcar integral en la alimentación animal en México*. [en línea]. La Habana, Cuba: [s.n.]. Recuperado el 2 de junio del 2013, de: <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E06.htm>.
- Alvarez, F.J., Wilson, A. & Preston, T.R. (1979). Efecto de la fermentación espontánea de la caña de azúcar sobre el comportamiento de toros cebú. *Prod. Anim. Trop.* 4 (1), 59-63.
- Alvir, M. R y González, J. (1992). Efecto de la relación forraje-concentrado de la ración sobre la degradabilidad ruminal de las materias nitrogenadas de cuatro henos. *Producción y Sanidad Animal*, 7 (1), 21-29.
- 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.
- Anjos, I., Silva, D y Campana, M. (2008). *Cana-de-açúcar como forrageira*. [en línea]. Sao Paulo, Brasil: [s.n.]. Recuperado el 6 de enero de 2014, de: <http://www.Corpoica.Org.Co.htm/>.
- Anon, D. (2000). *Agricultura orgánica en el trópico y subtrópico. Caña de Azúcar*. (1a. ed.).La Habana, Cuba: Asociación Naturland.
- Aranda, E., Ramos, A y Mendoza, M. (2003). *Utilización de la caña de azúcar como suplemento en animales en pastoreo para la producción de carne en el trópico*. [Folleto]. La Habana: [s.n.].
- Barrera, N. (2010). *Respuesta del cultivo de la caña de azúcar (Saccharum. sp) a la aplicación de bioestimulantes, combinados con fertilizantes minerales*. Trabajo

de grado, Ingeniero Agropecuario. Universidad “Ignacio Agramonte”, Camagüey, Cuba.

Bauer, T., Williams, B. A., Voigt, C., Mosenthin, R. & Verstegen, M. W. (2001). Microbial activities of faeces from unweaned and adult pigs, in relation to selected fermentable carbohydrates. *Animal Science*, 73 (1), 313-322.

Baumont, R., Pache, S., Meuret, M. & Morand-Fehr, P. (2000). How forage characteristic influence behavior and intake in small ruminants. *Livestock Production Science*, 64 (1): 15-28.

Borden, R. J. (1946). The effect of nitrogen fertilization upon the yield and composition of sugar cane. *Haw. Plant*, 6 (50), 59-64.

Brondani, L., Restle, J y Arboitte, M. (2006). Efeito de dietas que contém cana-de-açúcar ou silagem de milho sobre as características das carcaças de novilhos confinados. *Ciencia Rural*, 36 (1), 197-202.

Castro, G. (2006). *Cinética de degradación y fermentación ruminal de Brachiaria Brizantha cv. Marandú en cuatro edades de corte*. Tesis de Maestría publicada, Universidad de Veterinaria, UFMG, Brasil.

Chaves Solera, M. (2007). Producción potencial de residuos agroindustriales por el sector azucarero costarricense. En Oduber, D. (Ed.), *Uso de Derivados Agroindustriales de la Caña de Azúcar*. (p. 63). Liberia, Guanacaste, Costa Rica: Dirección de Investigación de la Caña de Azúcar y Escuela Agrícola de la Región Tropical Húmeda (EARTH).

Chaves, S.M. (2008). Uso de la caña de azúcar como forraje. *Ventana Lechera. Dos Pinos*, 3 (10), 45-51.

Chávez, M. (2009). Uso de la Caña de Azúcar como Forraje. *Dos Pinos*, 3 (10), 45-51.

Chen, X.B. (2003, 12 de junio). *A utility for processing data of feed degradability and in vitro gas production*. Version 6.0. IFRU-MLURI; Aberdeen, UK. [on line]. Recuperado el 8 de julio de 2014, de: <http://www.mluri.sari.ac.uk/ifru>.

Combellas, J. (1998, octubre). “*La caña de azúcar*”: una opción para el ganadero. Ponencia presentada en Memorias del VI Congreso Internacional de Diversificación. La Habana, Cuba.

Cone, J. W., Van Gelder, A. H. y Bachmann, H. (2002). Influence of inoculum source on gas production profiles. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 99 (1), 221–231.

Cone, W.J., Beuvink, J.M.W. y Rodríguez, M. (1994). Use and applications of an automated time related gas production test for the in-vitro study of fermentation kinetics in the rumen. *Portuguesa de Zootec.*, 8 (1), 25-37.

Correa, H.J. (2004). RUMENAL: Procedimiento para estimar los parámetros de cinética ruminal mediante la función Solver de Microsoft Excel®. *Ciencias Pecuarias*, 17(3), 12-15.

Cuellar, I., De León, M., Villegas, R y Pérez, H. (2002). *Manual de Fertilización de la Caña de Azúcar en Cuba*. (2a.ed.). Ciudad de la Habana: PUBLINICA.

CurveExpert/PC para Windows Paquete estadístico. Versión. 1.34. [Programa de computación]. (1997). [s.l.]: [s.n.].

Delgado, D.C. (2002, febrero). *Restricciones nutricionales y fisiológicas de la caña de azúcar para su utilización en la alimentación de rumiantes.* Ponencia presentada en Foro Internacional La Caña de Azúcar y sus Derivados en la Producción de Leche y Carne. La Habana, Cuba.

Dijkstra, J., France, J., Assis, A.G., Neal, HDSC., Campos, D.F. & Aroeira, L.J.M. (1996). Simulation of digestion in cattle fed sugar cane: prediction of nutrient supply for milk production with locally available supplement. *J. Agric. Sci.*, 21 (1),127-247.

Dillewijn, C. Van. (1975). *Botánica de la caña de azúcar.* (1a.ed.).La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.

Dos Reis, S. (2006). *Fraccionamiento y degradabilidad ruminal de proteína de forrajes del género Cynodon.* Disertación doctoral publicada, Ciencias Veterinarias. Universidad de Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Elías, A., Lezcano, O., Lezcano, P., Cordero, J. & Quintana, L. (1990). Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico, en la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido. *Cienc. Agric.*, 24 (1), 12-16.

EPICA. (2010). *Caracterización agronómica de 106 clones de caña de azúcar con características forrajeras.* Camagüey, Cuba: Autor.

Estación Agrometereológica de Florida. (2011). *Medias de las variables climáticas mensuales en áreas agrícolas de la EPICA Camagüey*. Camagüey, Cuba: Autor.

Fernández, D., Valdés, L., 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, Y., Llanes, A., Valladares, F., Torres, I., Montalvan, J., Quiñones I. et al. (2014b, abril). *Uso de la caña de azúcar (Saccharum spp.) como alimento animal en las CCSF del municipio Florida*. Ponencia presentada en la Jornada Científico-Productiva. XXX Aniversario de la EPICA “Álvaro Barba Machado”, Las Tunas, Cuba.

Fernández, Y., Llanes, A., Valladares, F., Torres, I., Montalvan, J., Quiñones I. et al. (2014c, junio). *Efecto del Fitomás-E en indicadores morfofisiológicos de posturas de caña de azúcar (Saccharum spp.) en la etapa de fortalecimiento*. Ponencia presentada en la Jornada Científico-Productiva. XXX Aniversario de la ETICA Oriente-Sur, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba.

Fernández, Y., Peláez, H., Pedraza, R., Guevara, R., Llanes, A., Montalvan, D., et al. (2014a). *Uso de la caña de azúcar (Saccharum spp.) como alimento animal en el municipio Carlos Manuel de Céspedes*. *Centro Azúcar*, 41 (2), 16- 27.

Fernández, Y., Peláez, H., Pedraza, R., Guevara, R., Llanes, A., Sánchez, J., et al. (2013, marzo). *Situación actual con respecto al uso de la caña de azúcar (Saccharum spp.) en la alimentación animal, en el municipio Carlos Manuel de*

Céspedes. Ponencia presentada en Memorias del XII Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña. Diversificación 2013. La Habana, Cuba.

Flores, S. (2007). *Las plagas de la caña de azúcar en México*. (3ra. ed.). Puebla, México: Ediciones México.

Franco, R. (1981). Preservación de forrajes. Producción Bovina Sostenible. *ACPA.*, 53 (5), 21-29.

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. (2006). Efecto de la suplementación nitrogenada en la población microbiana ruminal *in vitro* en dietas de caña de azúcar. *Ciencia Agrícola*, 40 (3), 297-302.

Gámez, H., Quintero, O. y Cobas, A. (2004, noviembre). *Avance en el mejoramiento varietal de la caña de azúcar en la provincia de Guantánamo en el período 2000-2004*. Ponencia presentada en Memorias de la Jornada Científica por el 40 Aniversario del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana, Cuba.

García, D., Medina, M., Domínguez, C., Baldizán, A., Humbría, J y Cova, L. (2006). Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 24 (4), 231-238.

García, E. (2011). *Importancia de los macronutrientes en el cultivo de la caña de azúcar*. [Folleto]. Camagüey: [s.n.].

García-Rodríguez, 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.

Garsa, J. O y Shimada, A. S. (1979). Digestibilidad de 6 variedades de caña de azúcar en borregos. *Ciencia y Técnica de la Agricultura Cañera*, 6 (37), 35-40.

Gbrizuela, J. (2002, 12 de agosto). *Guía técnica del cultivo de la caña*. [en línea]. Ciudad Habana, Cuba: MINAZ. Recuperado el 16 de enero de 2014, de: <http://www.mag.gob.sv/administradorarchivos1file1172.pdf/>.

Getachew, G, De Peters, E. and Robinson, P. (2004, 24 de mayo). *In vitro gas production provides effective method for assessing ruminant feeds* [on line]. California, E.U.A: Agriculture. Recuperado el 12 de abril de 2013, de: <http://www.bioparametrics.com/Pdf/Neil%20Jessop%20Publications.pdf>.

Giráldez, F.J., Mantecón, A. R., Chaso, M. A y Manso, T. (1994). Efecto del tipo de dieta y de la frecuencia de alimentación sobre la actividad degradativa ruminal. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*, 9 (1), 245- 259.

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, N. (2003). *Contribución al estudio del ecosistema ruminal de búfalos de río bajo nuestras condiciones de manejo y alimentación*. Tesis de Maestría publicada, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.

González, R y Rodríguez, D. (2007, noviembre). *Consumo y digestibilidad in situ en toros mestizos (HxC) alimentados con raciones basadas en caña de azúcar (Saccharum officinarum)*. Documento presentado en el I Simposio Internacional de Producción de Rumiantes. II Congreso de Producción Animal Tropical, La Habana, Cuba.

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.

Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L y Camacho, E. (1999). *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. La Habana: Instituto de Suelo. Minagri-Agrinfor.

Hernández, J.E. (2006). *Valoración de la caprinocultura en la Mixteca Poblana: socioeconomía y recursos arbóreo-arbustivos*. Disertación doctoral publicada, Ciencias Veterinarias. Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.

Heuzé, V., Tran, G., Archimède, H. and Lebas, F. (2015, 8 de enero). *Sugarcane tops*. [on line]. California, E.U.A: INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Recuperado el 7 de febrero de 2015, de: <http://www.feedipedia.org/node/558>

Hopkinson, J. Mand Miller, C. P. (2000). Tropical pastures, the future. *Tropical grasslands*, 34 (1), 102-108.

Hossain, Mand Becker, K. (2001). Nutritive value and antinutritional factors in different varieties of *Sesbania* seeds and their morphological fractions. *Food Chemistry*, 73 (4), 421-431.

Jaakola, S and Huhtanen, P. (1993). The effects of forage preservation method and proportion of concentrate on nitrogen digestion and rumen fermentation in cattle. *Grass Forage. Sci.*, 48 (1), 146-154.

Jorge, H., Jorge, I y Segrera, S. (2003). *Programa de Fitomejoramiento, impacto en la producción azucarera cubana*. (1ra.ed.). La Habana, Cuba: PUBLINICA.

Jorge, H., Suárez, O., García, H y Benítez, L. (2007). *Resultados del proyecto investigación desarrollo diversificación de la caña de azúcar. "Uso en la alimentación y sostenibilidad del ganado vacuno"*. [Informe]. La Habana: [s.n.].

Kawas, J. R., López. J., Danelon. D. L y Lu. C. D. (1991). Influence of forage to concentrate ratio on intake, digestibility, chewing and milk production in dairy cows. *Small Rum. Res.*, 4 (1), 11-18.

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.

Llanes, A., Fernández, Y., Quiñones, I. y Sánchez, J. (2014). *Comportamiento fenológico y aceptabilidad de dos nuevos cultivares de caña de azúcar para forraje*. [Informe]. Camagüey: [s.n.].

López, W. G. (2010). *Evaluación del ácido indol -3- butírico para la Inducción y desarrollo del sistema radicular en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp)*. Tesis de Maestría publicada, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

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.

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 and 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, J. R., Gálvez, G., De Armas, R., Espinosa, R., Vigoa, R y León, A. (1987). *La caña de Azúcar en Cuba*. (1ra.ed.). Ciudad de La Habana, Cuba: Científico – Técnica.

Martín, P. (2004). *La alimentación del ganado con caña de azúcar y sus subproductos*. (2da.ed.). La Habana, Cuba: EDICA.

Martín, P. (2005). El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche. *Ciencia Agrícola*, 39 (2), 427-437.

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. (2011). *Comportamiento agroproduktivo de ocho variedades comerciales de caña de azúcar (Saccharum spp.) en áreas de la UBPC "Las Marías", en condiciones de secano*. Trabajo de grado, Ingeniero Agropecuario. Universidad "Ignacio Agramonte", Camagüey, Cuba.

Martínez, S. J., Pedraza, R. M., Guevara, G.; González, C. E., León, M y Estévez, J. A. (2004, mayo). *Empleo de la técnica de producción de gas in vitro, usando líquido ruminal o heces vacunas como inóculo, para evaluar el follaje de dos leguminosas arbustivas*. Ponencia presentada en Memorias del VI Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Holguín, 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.

Mauricio, R., Abdalla, A., Mould, F., Altaf, U., Smith, T., Owen, E., Givens, D. I., et al. (1998). Comparison of bovine rumen liquor and faeces as sources of micro-

organisms for the *in vitro* gas production technique assessed using twelve gramineous forages. *Proc. Br. Soc. Anim. Sci.*, 68 (3), 26-33.

Mauricio, R., Owen, E., Mould, F. L., Givens, D. I., Theodorou, M. K., France, D., et al. (2001). Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for evaluating forages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 89 (2), 33–48.

Mauricio, R. M., Mould, F. L., Dhanoa, M. S., Owen, E., Channa, K S y M.K. Theodorou. (1999). *Animal Feed Science and Technology*, 79 (1), 321-330.

McBee, R. H. (1953). Manometric method for evaluation of microbial activity in the rumen with application to utilization of cellulose and hemicelluloses. *Applied microbiology*, 12 (1), 106-110.

McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, F. y Morgan, C. (2002). *Animal Nutrition*. (6ta.ed.). Washington, EE.UU: Institute of Food and Agricultural Science.

McLean, M. L., Hyslop, J. J., Longland, A. C., Cuddeford, D and Hollands, T. (1999, 5 de mayo). *Gas production in vitro from purified starches using equine faeces as the source of inocula*. [on line]. San Francisco, E.U.A: [s.n.]. Recuperado el 14 de abril de 2002, de: <http://www.bsas.org.uk/meetings/annlproc/PDF99/132.pdf>.

Mendoza-Martínez, G. D., Plata, F., Espinosa, A y Lara, A. (2008). Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de la utilización de la energía en bovinos. *Ciencia de América Latina y el Caribe*, 24 (1), 75-87.

Menke, K. H and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development.*, 28 (2), 7-55.

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 feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. agric. Sci.*, 93 (1), 217-222.

Mila, P. A. (2010, 5 de octubre). *Especies forrajeras de corte tradicionales*. [en línea]. Cartagena, Colombia: Acovez-Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios y Zootecnistas. Recuperado el 15 de agosto de 2011, de: <http://www.acovez.org>.

MINAZ - INICA. (2007). *Instructivo Técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar*. (1ra. ed.). La Habana, Cuba: Autor.

Molina, A., Valdés, G y Castillo, E. (2000). Alternativas tecnológicas para la producción de leche y carne en las actuales condiciones de Cuba. *ACPA*, 13 (1), 23-27.

Molina, S. (2013). *Efecto del Fitomás-E en el porcentaje de supervivencia de posturas de caña de azúcar (Saccharum spp.)*. Trabajo de grado, Ingeniero Agrónomo. Universidad “Ignacio Agramonte”, Camagüey, Cuba.

Montpellier, F. A y Preston, T. R. (1977). Digestibilidad de punta, corteza, tallo descortezado y caña de azúcar integral. *Prod. Anim. Trop.*, 12 (1), 2-13.

Muñoz, E., González, R y Galindo, J. (1988, julio). Informe Final de Etapa presentado al Proyecto “Uso de la caña para la producción de leche”. (Informe No. 5), La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal.

Nagadi, S., Herrero, M and Jessop, N. S. (1999). Effect of frequency of ovine ruminal sampling on microbial activity and substrate fermentation. *Proc. Br. Soc. Anim. Sci.*, 14 (2), 124-130.

Nogueira Filho, J., Fondevila, M., Urdaneta, A y González, M. (2000). In Vitro Microbial fermentation of tropical grasses at advanced maturity stages. *Anim. Feed. Sci. And Technol.*, 5 (83), 145-147.

Noguera, J. (2004). *Estudio químico in situ, in vitro y microscópico de las paredes celulares de cinco genotipos de sorgo en tres épocas de corte*. Disertación doctoral publicada, Ciencias Veterinarias. Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Ørskov, E. R and McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 2 (92), 499-503.

Pate, F. M., Alvarez, J., Phillips, J. D and Eiland, B. R. (2002). *Sugarcane as cattle feed: Production and Utilization*. (2da.ed.). Washington, EE.UU: Institute of Food and Agricultural Science.

Pate, F. M. (2002). Sugarcane as forage feed: Production and Utilization. Bull. 844. University of Florida.

Pell, A. N and Schofield, P. (1993). Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy. Sci.*, 24 (76), 1063–1073.

Pérez, A. (2014). *Efecto del Fitomás-E en la producción de biomasa de dos clones de caña de azúcar (Saccharum spp.) con potencial forrajero*. Trabajo de grado, Ingeniero Agrónomo. Universidad “Ignacio Agramonte”, Camagüey, Cuba.

Pittroff, W and Kothmann, M. M. (2001). Quantitative prediction of feed intake in ruminants. I. Conceptual and mathematical analysis of models for sheep. *Livestock Production Science*, 71 (2), 131-150.

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, R. T. (1988). Utilización de la Caña de Azúcar en la alimentación animal. *Cienc. Agríc.*, 6 (72), 71-80.

Preston, T. R. (1989). La caña de azúcar como base de la producción pecuaria en el trópico. En Romero, H. (Ed.), *Sistemas de alimentación animal en el trópico basados en la caña de azúcar*. (pp. 79-85). Guadalajara, México: Colección GEPLACEA.

Preston, T. R. (2003). Producción agropecuaria sostenible: ¿Crisis u oportunidad? *ACPA*, 12 (1), 29-34.

Ramanzin, M., Bailoni, L y Schiavon. S. (1997). Effect of forage to concentrate ratio on comparative digestion in sheep, goats and fallon deer. *Anim. Sci.*, 64 (1), 163-170.

Resíllez, P. (2008). *Producción de gases con heces vacunas depuestas como inóculo para predecir la degradabilidad in situ de forrajes*. Tesis de Maestría publicada, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.

Reyes, M. M., Valentín, E y Ruíz, S. (2004). *El cultivo de la caña de azúcar: Fundamentos de agropecuaria*. (2da.ed.), La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.

Reynoso, A. (1998). *Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar*. (6a. ed). La Habana, Cuba: Publicaciones azucareras.

Rincón, A. (2005, 9 de junio). *Evaluación agronómica de variedades de caña de azúcar con potencial forrajero en el piedemonte llanero*. [en línea]. Mérida, Venezuela: CORPOICA. Recuperado el 10 de octubre de 2010, de: <http://www.corpoica.org.co>.

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, D., Martín, P., Alfonso, F., Enríquez, A y Sarduy, L. (2013). Frecuencia del suministro de concentrado como suplemento en dietas con forraje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), y su efecto en el comportamiento productivo de toros mestizos Holstein. *Ciencia Agrícola*, 47 (2), 151-154.

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*. Disertación doctoral publicada. Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba.

Rodríguez, R. (2013). *Respuesta agroproductiva de tres cultivares de caña de azúcar (Saccharum spp.) en la CPA "Abel Santamaría"*. Trabajo de grado, Ingeniero Agrónomo. Universidad "Ignacio Agramonte", Camagüey, Cuba.

Roston, H. (1974). Utilización de la caña de azúcar en la alimentación animal. En: Clavero, T. (Ed.), *Estrategias de Alimentación para la Ganadería Tropical*. (pp. 155-174). Maracaibo, Venezuela: Universidad del Zulia.

Ruíz, 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.

Rymer, C., Huntington, J. A. and Givens, D. I., (1999). Effects of inoculum preparation method and concentration, method of inoculation and pre-soaking the substrate on the gas production profile of high temperature dried grass. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 78 (1), 199–213.

Rymer, C., Huntington, J. A., Williams, B. A. and Givens, D. I. (2005). *In vitro* accumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 123 (2), 9–30.

San Miguel, A. (2006). *Fundamentos de Alimentación y Nutrición del ganado. Alimentación y Nutrición del ganado*. (2da.ed.). Madrid, España: E.T.S.

Santos, M., Nussio, L., Mourão, G., Schmidt, P., Mari, L., Ribeiro, J., et al. (2009). Nutritive value of sugarcane silage treated with chemical additives. *Sci. Agric.*, 66 (2), 159-163.

Seguí, E y Machado, Hilda. (1992). Estimación de la heredabilidad en hierba de guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *Pastos y Forrajes.*, 15 (1), 12-19.

SPSS/PC para Windows Paquete estadístico. Versión. 15.0. [Programa de computación]. (2006). [s.l.]: [s.n.].

STATGRAPHICS/PC para Windows Paquete estadístico. Versión. 5. [Programa de computación]. (2005). [s.l.]: [s.n.].

Stuart, R. (2002, julio). *Selección de variedades de caña de azúcar forrajeras.* Ponencia presentada en el IV Foro Internacional La caña de Azúcar y sus Derivados en la Producción de Leche y Carne, La Habana. Cuba.

Suárez, O., Jorge, H., García, H., Jorge, 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.

Theodorou, M. K., Willians, B. A., Dhaona, M. S., McAilan, A. B and France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminants feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48 (1), 185-195.

Tilley, J. M and Terry. R. A. (1963). A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, 18 (1), 104-111.

Torres, G., Arbaiza, T., Carcelén, F y Lucas, O. (2009). Comparación de las técnicas in situ, in vitro y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Inv. Vet. Perú*, 20 (1), 5-9.

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

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.

Tscherning, K., Barrios, E., Lascano, C., Peters, M. y Schultze-Kraft, R. (2002, 14 de junio). *Comparison of Aerobic and Anaerobic Methods to Assess Quality of Tropical Multipurpose Shrub Legumes*. [on line]. Michingam, E.U.A: [s.n.]. Recuperado el 20 de julio de 2010, de: <http://mars.wiz.uni-kassel.de/tropentag/proceedings/2002/html/node153>.

Urdaneta, J., Ruíz, 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-315 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.

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. (2da.ed). Ithaca, N. Y., USA: Cornell University Press.

Van Soest, P. J., Wine, R. H and Moore, L. A. (1966). Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. *J. Br. Grassl. Soc.*, 25 (1), 438-441.

Van Thu, N. (2003, 2 de febrero). *Effect of different strategies of treated rice straw on nutrients and in vitro OM digestibility by using rumen fluid or faecal inocula of local cattle*. [on line]. Chicago, E.U.A: Reg Preston and Brian Ogle). HUAF-SAREC. Recuperado el 25 de marzo de 2004, de: <http://www.mekarn.org/sarec03/thu2.htm>.

Varadyová, Z., Baran, M and Zeleňák, I. (2005). Comparison of two *in vitro* fermentation gas production methods using both rumen fluid and faecal inoculum from sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 123 (1), 81–94.

Vassallo, M. (2007, 24 de julio). *Caña de azúcar, mandioca y batata para forraje en la producción intensiva de carne*. [en línea]. La Habana, Cuba: [s.n.]. Recuperado el 10 de agosto de 2011, de: <http://www.produccion-animal.com.ar>.

Villalba, J. C., Ruiz, T. R., Acosta, N., Ramírez, E. L., Mendieta, C. & Contrera, L. (2009). *Caña de azúcar en Paraguay*. [en línea]. San Pedro, Paraguay: [s.n.]. Recuperado el 16 de noviembre de 2011, de: <http://www.monografias.com/trabajos86/canaazucar-paraguay.shtml/>.

Villegas, R., León, M., García, E y Arcia, J. (2013). *Instructivo para la fertilización de la caña de azúcar*. [Folleto]. La Habana: [s.n.].

Wiley, J. (2014). Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology.
Sugar Cane, 12 (3), 45-58.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los análisis de la composición química.



Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar
Subdirección de Manejo Agronómico
Laboratorio Territorial de Nutrición y Suelos Oriente Sur



INFORME DE ENSAYOS

Fecha de emisión: 5 de Diciembre de 2012.

Cliente: Fitomejoramiento Santiago de Cuba.

| EXPTO | CÓDIGO | LOCALIDAD | IDENTIFICACIÓN | Material | N | P | K | Ceniza |
|----------|---------|-----------|--------------------|----------|------|------|------|--------|
| Yaquelin | E13/007 | Camagüey | C97-366 (6 meses) | Cogollo | 0,52 | 0,15 | 1,71 | 6,69 |
| Yaquelin | E13/008 | Camagüey | C97-366 (8 meses) | Cogollo | 0,35 | 0,14 | 1,88 | 5,65 |
| Yaquelin | E13/009 | Camagüey | C97-366 (11 meses) | Cogollo | 0,83 | 0,21 | 2,56 | 9,33 |
| Yaquelin | E13/010 | Camagüey | C97-366 (6 meses) | Tallo | 0,47 | 0,22 | 2,65 | 5,42 |
| Yaquelin | E13/011 | Camagüey | C97-366 (8 meses) | Tallo | 0,41 | 0,18 | 1,79 | 3,22 |
| Yaquelin | E13/012 | Camagüey | C97-366 (11 meses) | Tallo | 0,23 | 0,16 | 1,28 | 2,52 |
| Yaquelin | E13/013 | Camagüey | C97-366 (6 meses) | Integral | 0,51 | 0,18 | 2,33 | 5,72 |
| Yaquelin | E13/014 | Camagüey | C97-366 (8 meses) | Integral | 0,53 | 0,16 | 1,45 | 5,54 |
| Yaquelin | E13/015 | Camagüey | C97-366 (11 meses) | Integral | 0,40 | 0,16 | 1,93 | 3,64 |
| Yaquelin | E13/016 | Camagüey | MY5514 (6 meses) | Cogollo | 0,50 | 0,16 | 2,26 | 7,13 |
| Yaquelin | E13/017 | Camagüey | MY5514 (8 meses) | Cogollo | 0,48 | 0,14 | 1,45 | 4,89 |
| Yaquelin | E13/018 | Camagüey | My5514 (11 meses) | Cogollo | 0,57 | 0,23 | 2,52 | 10,81 |
| Yaquelin | E13/019 | Camagüey | My5514 (6 meses) | Tallo | 0,45 | 0,27 | 3,15 | 6,34 |
| Yaquelin | E13/020 | Camagüey | My5514 (8 meses) | Tallo | 0,40 | 0,15 | 1,88 | 3,61 |
| Yaquelin | E13/021 | Camagüey | My5514 (11 meses) | Tallo | 0,19 | 0,16 | 1,40 | 2,99 |
| Yaquelin | E13/022 | Camagüey | My5514 (6 meses) | Integral | 0,47 | 0,15 | 1,97 | 6,11 |
| Yaquelin | E13/023 | Camagüey | My5514 (8 meses) | Integral | 0,50 | 0,20 | 2,42 | 4,96 |
| Yaquelin | E13/024 | Camagüey | My5514 (11 meses) | Integral | 0,44 | 0,18 | 1,93 | 4,29 |
| Yaquelin | E13/025 | Camagüey | C99-374 (6 meses) | Cogollo | 0,57 | 0,16 | 2,37 | 7,56 |
| Yaquelin | E13/026 | Camagüey | C99-374 (8 meses) | Cogollo | 0,47 | 0,15 | 2,06 | 4,85 |
| Yaquelin | E13/027 | Camagüey | C99-374 (11 meses) | Cogollo | 0,77 | 0,18 | 3,01 | 9,16 |
| Yaquelin | E13/028 | Camagüey | C99-374 (6 meses) | Tallo | 0,55 | 0,24 | 3,57 | 7,04 |
| Yaquelin | E13/029 | Camagüey | C99-374 (8 meses) | Tallo | 0,51 | 0,22 | 2,83 | 5,32 |
| Yaquelin | E13/030 | Camagüey | C99-374 (11 meses) | Tallo | 0,29 | 0,16 | 1,28 | 2,79 |
| Yaquelin | E13/031 | Camagüey | C99-374 (6 meses) | Integral | 0,55 | 0,18 | 2,88 | 7,38 |
| Yaquelin | E13/032 | Camagüey | C99-374 (8 meses) | Integral | 0,59 | 0,15 | 2,51 | 5,62 |
| Yaquelin | E13/033 | Camagüey | C99-374 (11 meses) | Integral | 0,45 | 0,16 | 1,71 | 4,56 |

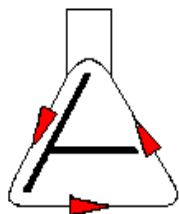
Aprobado por:
MSc. Edilberto García Lices
Jefe de laboratorio.



Recibido por:
MSc. Yaquelin Puchade Izaguirre.
Subdirectora: Fitomejoramiento.

Anexo 2. Modelo para el registro de los valores obtenidos en producción de gas *in vitro*.

Experimento: _____

[illegible]

Observaciones:
