



## **Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo**

**Título:** Estudio de la composición química y morfológica de 9 variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp*) para la alimentación animal

**Autora. Dayana León López.**

**Tutor: MSc. Oscar J. Suárez Benítez.**

**Curso: 2020-2021**

## **RESUMEN.**

Se realizó un experimento para evaluar la composición morfológica y química de nueve variedades de caña de azúcar, en áreas del banco de semilla básica en el batey Espartaco, en suelo pardo sin carbonato (Cambisol eutricto). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. Cada variedad ocupó un área de 64 m<sup>2</sup> (4 surcos de 10 m), en la cepa caña planta, con edades entre 12 y 14 meses, se tomaron tres muestras al azar de cada variedad. Se calcularon los valores de las variables fenológicas; peso fresco del tallo, cogollo y hojas secas. Para el estudio de la composición química se estudiaron las variables digestibilidad de la materia seca, contenido de fibra ácida detergente, fibra neutra detergente, lignina, proteína bruta.(%). Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de comparación múltiple de Newman Keuls a las variables en estudio. Se confeccionó análisis de conglomerados con las variables, digestibilidad de la materia seca, fibra ácida detergente y lignina. Como resultado se conformaron tres grupos bien definidos, el grupo 2 mostró los mejores valores formados por los cultivares C86-156, C89-147 y C93-540 con valores de digestibilidad de la materia seca de 58.65; 58.83; 54.81 por ciento respectivamente.

Palabras clave:

Alimento animal, composición química, ganadería

## ABSTRACT

With the objective of evaluating the phenological and chemical composition of eight sugarcane varieties, an experiment was carried out in areas of the basic seed bank located in the Espartaco town in the province of Cienfuegos on a brown soil without carbonate (Cambisol eutric). An experimental design of random blocks was used, where each variety occupied an area of 64 m<sup>2</sup> (4 furrows of 10 m), in the cane plant strain, with ages between 12 and 14 months of age, three samples were taken at random from each variety. The values of the phenological variables were calculated; The dry matter digestibility, acid detergent fiber content, lignin, crude protein and ashes (%) were studied for the study of the chemical composition. Variance and comparison of means by the Newman Keuls multiple comparisons test with the phenological and chemical variables. The analysis of conglomerates with the variables, dry matter digestibility, acid detergent fiber and lignin was made; it formed three groups, , in this way the cultivars; C86-156, C89-147 y C93-540 were considered high digestibility (58.65; 58.83; 54.81 As a result final, there are significant differences between varieties and the ones with the highest digestibility percentage for ruminant feed are recommended.

### Keywords

*Digestibility, acid detergent fiber, lignin.*



## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, en especial a mis padres por el sacrificio, apoyo incondicional y dedicación en todo momento para que se cumpliera uno de mis sueños.

## **Agradecimientos**

A mi familia, en principal a mis padres, por a ver jugado un papel importante en el transcurso de estos cinco años y su apoyo incondicional.

Al MSc. Oscar Suárez Benítez, por su asesoría en el desarrollo de esta investigación, en la formulación de los resultados y por su apoyo incondicional para hacer realidad este sueño.

A mis hermanos Daniela M. León López y Dairon Suarez López por siempre estar a mi lado.

A todos mis compañeros de aula que contribuyeron de una forma u otra al desarrollo exitosa de esta investigación, en especial a Eile Dávila Rodríguez, Yandy del Campo Rodríguez y Roxanna Rodríguez Chacón que jugaron un papel importante para el logro de estos resultados.

Y a todas las personas que de una forma u otra me apoyaron y contribuyeron a mi formación como profesional y a ser mejor persona.

## Tabla de contenido

Introducción.....	7
Capítulo I. Revisión Bibliográfica .....	10
El Suelo: Sustrato principal la alimentación. ....	10
La Caña de Azúcar.....	12
Clasificación Taxonómica (Bernal., 2016). ....	12
Descripción .....	13
Condiciones para su desarrollo. ....	13
Clima .....	13
Temperatura.....	14
Precipitación.....	14
Luz solar.....	14
Suelo. ....	15
Distribución Global de la Caña de Azúcar.....	15
La Caña de Azúcar como alimento animal. ....	16
Composición Química de la Caña de Azúcar.....	17
Digestibilidad de la caña de azúcar.....	19
Consideraciones metabólicas y nutricionales.....	20
Limitantes en el uso de la Caña de Azúcar. ....	20
Uso de suplementos.....	21
Capítulo II Material y métodos .....	23
Localidad Experimental. ....	23
Diseño experimental de la investigación. ....	23
Desarrollo de la investigación por objetivos. ....	23
Del objetivo 1. ....	23
Del objetivo 2. ....	24
Aportes de la investigación .....	25
Capítulo III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIONES.....	33
RECOMENDACIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	35

## INTRODUCCIÓN

A medida que pasan los años, se incrementan los problemas relacionados con las crisis alimentarias. Cada vez la raza humana va aumentando su número de pobladores sobre la Tierra, a la par que los recursos vegetales son más escasos. Si la tendencia continúa en las próximas décadas, la situación puede volverse insostenible (Viñeta, 2007)

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una gramínea perenne tropical o subtropical que alcanza una altura aproximada de 4,5 metros, logrando el rendimiento más alto de las gramíneas y ha demostrado muy buenas cualidades en la alimentación del ganado vacuno durante las épocas invernales o secas (Compagni, 2006).

Es un cultivo de renta importante de los trópicos y subtropicos. Se cultiva en más de setenta países entre los paralelos 40° Norte y 32° Sur, desde el nivel del mar hasta altitudes de casi 1000 metros sobre el nivel del mar, abarca aproximadamente la mitad del mundo (Duarte & González 2019).

Todo parece indicar que fue en la región intertropical del Indostán donde se cultivó por primera vez la caña de azúcar, por lo que se considera el sureste asiático como el centro de diversificación más importante para esta especie. Este genocentro Indostano o centro indio, es donde se localiza el sitio de origen de la especie *Saccharum officinarum* L., ya que sus formas naturales son capaces de producir plantas a partir de sus semillas. La misma llegó a España en el siglo IX, y este país la llevó posteriormente a América en el siglo XV (Sánchez, 2009).

Esta, es una de las pocas especies capaces de producir la energía para su procesamiento y la mayor parte de su demanda de nutrientes, de defenderse de plagas y enfermedades, admitir prácticas de laboreo mínimo, conservar el suelo y superar a los bosques tropicales en la captura y secuestro de carbono, entre otras muchas bondades que la favorecen (Cuéllar, 2003).

Esta planta maravillosa, protectora del medio ambiente donde todo es aprovechable, que hoy además de azúcar es la caña de la bioelectricidad, del biocombustible, del alimento para animales, del papel, de los tableros de bagazo

que puede sustituir madera, de los plásticos del ron, que provee al hombre de alimentos, energía y fibras (INICA, 2018).

Proporciona alimentos, energía renovable y fibras, tres productos de los que la humanidad tiene una demanda creciente, y precisamente, para él que la produce, la clave del éxito está en ser eficiente, en cada paso del proceso productivo en campo y fábrica y diversificar al máximo posible los productos que se pueden obtener, no desechar nada y sacar el máximo de esa industria que se convierte donde existe, en un polo local de desarrollo (Brito, 2013).

Es uno de los cultivos agroindustriales más importantes a nivel mundial. Está distribuida en más de 100 países sobre un área de 25 millones de hectáreas, fundamentalmente en las zonas tropicales y subtropicales; ocupa el lugar 12 en cuanto al área cultivada de un total de 161 cultivos en todo el mundo (Suárez *et al.*, 2003)

Es la planta del tipo C4 de mayor eficiencia fotosintética para la producción de biomasa (Chaves, 2008). El rendimiento promedio obtenido varía entre 30 y 180 t caña ha<sup>-1</sup> (FAO, 2015). Cubre el 70 % de la producción mundial de azúcar y el 20 % de etanol (González, 2014).

Reportes de México señalan producciones de 200 t caña ha<sup>-1</sup> de forraje verde (tallos más hojas), en Colombia hasta 450 t caña ha<sup>-1</sup> al año cortada a intervalos de 10-12 meses. En Cuba las producciones se encuentran entre 50 t caña ha<sup>-1</sup> en condiciones de secano (Urdaneta, 2011).

El azúcar en el mundo es obtenida de dos fuentes principales: la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) o a partir de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris L*), mediante los procedimientos industriales convencionales. Para su obtención se requiere de un largo proceso, desde que la semilla germina hasta que el azúcar se comercializa mediante procedimientos industriales tradicionales (Brito, 2013).

La producción de azúcar de caña en el mundo y en particular en Cuba, en los momentos actuales merece una valoración integral teniendo en cuenta los componentes ambiental, económico y social, como pilares fundamentales de la sostenibilidad. La variación de los precios de los componentes de la industria y los portadores energéticos en el mercado mundial, comparado con los precios del azúcar de caña en ese mismo mercado, están haciendo insostenible la

producción, aun teniendo en cuenta otros derivados que por supuesto implican la introducción de nuevas tecnologías, lo cual a veces limita un gran número de fábricas a la producción casi exclusiva de azúcar (Martínez, 2015).

En Cuba la caña de azúcar se encuentra distribuida a través de todo el territorio nacional y ocupa alrededor de 677 671,6 ha, según el censo anual de cultivares realizado por el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), lo que representa cerca del 40 % del área total cultivada. Veinte cultivares poseen el porcentajes de propagación superiores al 1% del área cañera nacional; 16 son cubanos y cuatro extranjeros. Los diez que cubren la mayor superficie nacional son: C86-12, C323-68, C90-469, C86-56, C86-503, CP52-43, C87-51, C86-156 y C90-317 (Mesa *et al.*, 2016).

En los períodos de escasez de forraje, la caña de azúcar, los subproductos en campo o en fábrica y los coproductos de la caña, son una alternativa para corregir la escasez de forraje (Aranda *et al.*, 2002)

Milton *et al.*, (2001) son del criterio de que cuando se pretende intensificar la producción de leche elevando la productividad por animal o por área, reduciendo el costo, es necesario buscar especies de mayor potencial forrajero y mejor valor nutritivo.

Preston (1989), planteó la convicción de que a través de la diversificación de la caña de azúcar se puede contribuir significativamente a convertir al sector agrícola azucarero en una actividad de mayor rentabilidad. Países como Colombia, Brasil y Costa Rica, sostienen que ya existen las bases biológicas para poder confiar en la caña de azúcar como reemplazo de los cereales en sistemas intensivos para las principales especies de animales, lo que permitiría liberar grandes volúmenes de alimentos a la población humana (Citado por Mesa, 2011).

Suárez *et al.*, 2003) en estudios más recientes recomendaban cultivares de caña de azúcar con digestibilidades de la materia seca superiores al 50 % para diferentes condiciones de suelo y clima en Cuba.

Por tales razones se plantea como problema fundamental el siguiente:

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La variabilidad existente en la composición química y morfología en cultivares de caña de azúcar dificulta su selección para ser recomendadas para la alimentación animal.

## **HIPÓTESIS**

La evaluación de la composición química y morfología en cultivares de caña de azúcar dificulta su selección para ser recomendadas para la alimentación animal.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Estudiar de la composición química y morfología de nueve cultivares de caña de azúcar para su recomendación en la alimentación animal.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- ✓ Caracterizar la composición fenológica de nueve variedades de caña de azúcar.
- ✓ Determinar las diferencias en la composición química de las variedades de caña de azúcar para su recomendación en la alimentación animal.

## **CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

El Suelo: Sustrato principal la alimentación.

El constante aumento de la población mundial genera un desafío a nivel productivo y social, a manera de poder garantizar, la alimentación adecuada de cada uno de los individuos que habitan y que puedan habitar este planeta. La perspectiva poblacional para el año 2050 es de 9000 millones de personas, en el marco de una realidad actual donde el 95% de los alimentos que consume el hombre provienen del suelo y en donde sería necesario un incremento del orden del 60% en la producción de alimentos para poder satisfacer las necesidades mundiales de los próximos años (Ramos & Cachena, 2015).

El suelo juega un importantísimo papel en la sostenibilidad de los ecosistemas tanto naturales como agrarios, en los que constituye un reservorio temporal del ciclo del agua a la que filtra y depura en su recorrido hacia los acuíferos. Además,

sirve de soporte a todos los seres vivos del ecosistema, vegetales y animales, a los que suministra el agua y los nutrientes que necesitan para el desarrollo completo de su ciclo vital. La calidad del suelo se relaciona con su capacidad para desarrollar estas funciones en el ecosistema. Estas funciones del suelo dependen en gran medida del contenido en materia orgánica. (Serrano, 2016).

Los suelos sanos son el fundamento del sistema alimentario. Nuestros suelos son la base de la agricultura y el medio en el que crecen casi todas las plantas destinadas a la producción de alimentos. Los suelos sanos producen cultivos sanos que alimentan a las personas y a los animales. De hecho, la calidad de los suelos está directamente relacionada con la calidad y la cantidad de alimentos. Los suelos proporcionan los nutrientes esenciales, el agua, el oxígeno y el sostén para las raíces que nuestras plantas destinadas a la producción de alimentos necesitan para crecer y florecer. Además, cumplen una función de amortiguación al proteger las delicadas raíces de las plantas de las fluctuaciones de temperatura. (FAO, 2015)

La disponibilidad de alimentos depende de los suelos: no se pueden producir alimentos y piensos nutritivos y de buena calidad si nuestros suelos no son suelos sanos y vivos. Durante los últimos 50 años, los avances en materia de tecnología agrícola y el aumento de la demanda provocado por el crecimiento de la población han ejercido una creciente presión sobre los suelos. En muchos países, la producción agrícola intensiva ha ocasionado un agotamiento de los suelos que ha puesto en peligro la capacidad productiva de los mismos y la posibilidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras (FAO, 2015).

La evolución de la agricultura intensiva ha traído consigo el empleo en la actividad agraria de nuevos insumos como son los sustratos de cultivo. Estos medios de producción han resultado básicos para el desarrollo de actividades como semilleros, viveros, horticultura intensiva protegida, etc. Así mismo, existen otros usos para los que son igualmente importantes: paisajismo o recuperación de suelos degradados. La función de los sustratos de cultivo es sustituir al suelo, permitiendo el anclaje y adecuado crecimiento del sistema radicular de la planta. El suelo, factor de producción esencial en la agricultura, actúa como soporte físico de los cultivos y les proporciona los nutrientes, el aire y el agua que precisan. De

ello, se desprende la importancia de definir las características físicas, químicas y biológicas de los sustratos de cultivo (Serrano, 2016).

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, energía y fibra, obtenidos en ciclos de tiempo menores que otras especies. La misma es adaptable a diferentes tipos de climas y posee una importancia económica meritoria en el campo de la industria alimenticia. El cultivo de la caña de azúcar lo introdujeron en el continente americano los conquistadores españoles en 1493 durante el segundo viaje de Cristóbal Colón (Bernal, 2016).

Originalmente la gramínea fue plantada en la isla de Santo Domingo y poco después gracias a las condiciones agroclimáticas, se extendió rápidamente en las variadas geografías del Nuevo Mundo, particularmente en Cuba (1512). La caña de azúcar es una gramínea del género (*Saccharum officinarum* L), presenta aspecto de hierba, pero se diferencia de ésta por su alto contenido de azúcares. Se cultiva en zonas tropicales y subtropicales, influyendo en su rendimiento agrícola y de azúcares las condiciones climáticas, los suelos y las variedades que se siembran. Los rendimientos de la caña de azúcar comparados con otras plantas similares, son superiores en términos de materia seca y en contenido de carbohidratos (Spencer, 1967).

Clasificación Taxonómica (Bernal, 2016).

División: Magnoliophyta.

Clase: Liliopsida.

Orden. Cyperales.

Familia: Poaceae.

## Descripción

La Caña de Azúcar es una poácea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz. Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 o 6 cm de diámetro. El sistema radical lo compone un robusto rizoma subterráneo. El tallo acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis con hojas que llegan a alcanzar de dos a cuatro metros de longitud. En su parte superior encontramos la panocha, que mide unos 30 cm de largo (Leiton, 2008).

La caña de azúcar botánicamente pertenece al género *Saccharum*, familia de las Gramíneas, orden Glumiflorales, clase Monocotiledóneas y división Embriofita. Las variedades comerciales de caña de azúcar son híbridos interespecíficos, principalmente de *Saccharum officinarum*. Se propaga en forma asexual por medio de trozos o esquejes que contienen las yemas, donde cada una puede desarrollarse en un tallo primario, que a su vez forma tallos secundarios y terciarios. El 65% de las raíces se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad del suelo y el 80% de ellas se concentran en un radio de 60 cm de la cepa y 60 cm de profundidad. Los tallos son cilíndricos, erectos, fibrosos y compuestos de nudos y entrenudos, la altura varía desde 1,0 hasta 5,0 m, y el diámetro varía de 1,0 cm a 5,0 cm. La hoja de la caña de azúcar, después de desarrollada, consiste en una lámina y vaina que rodea al tallo, distribuyéndose en forma alternada y opuesta (Duarte & González, 2019).

Condiciones para su desarrollo.

### Clima

La caña de azúcar puede ser cultivada en zonas templadas, siendo su productividad mucho mayor en climas tropicales. Necesita de días largos, soleados y calientes (32 a 38 ° C, 90 a 100 ° F) durante la temporada de crecimiento con niveles moderados a altos de precipitaciones (1100 y 1500 mm en total). La cantidad de azúcar acumulada a la cosecha es variable, y depende de las condiciones climáticas durante las diversas fases de crecimiento de la planta.

### Temperatura.

La temperatura es el principal determinante climático del cultivo de la caña de azúcar, que necesita altas temperaturas. Durante el ciclo de cultivo de la caña de azúcar, se distinguen tres períodos.

- Germinación y desarrollo radicular: la temperatura óptima para la germinación y el desarrollo radicular va de 26 a 33°C; si la temperatura cae debajo de 20°C la germinación y el desarrollo radicular son lentos.
- El crecimiento: la caña de azúcar paraliza su crecimiento cuando la temperatura cae debajo de 15°C o sube arriba de 38°C, siendo la temperatura óptima de 30-34°C.
- Maduración: durante el periodo de maduración, relativas bajas temperaturas resultan en aumento de producción y almacenaje de sacarosa, mientras que el crecimiento de la caña es reducido (Duarte & Gonzalez, 2019).

### Precipitación.

La caña de azúcar necesita un promedio de precipitación de 1.200 a 1.500 mm por año, aunque su requerimiento de agua varía durante su ciclo vegetativo. El desarrollo de las raíces sólo ocurre si existe suficiente cantidad de agua y las raíces jóvenes llegan a morir en suelos secos. Durante su principal período de crecimiento, cuando la mayor parte de la biomasa es producida, la caña planta necesita una gran cantidad de agua y cualquier deficiencia en agua ocasiona la disminución en el rendimiento. Al transcurrir el período de maduración, contrario al período anterior, el requerimiento de agua es más reducido, debido a que la sacarosa se almacena sólo cuando la caña detiene su crecimiento (Fauconnier & Bassereau, 1975)

### Luz solar.

La caña de azúcar es una planta que se favorece con la presencia del sol. El macollamiento es influenciado por la intensidad y la duración de la radiación solar. Una alta intensidad y larga duración de la irradiación estimulan el macollamiento, mientras que condiciones de clima nublado y días cortos lo afectan negativamente. El crecimiento del tallo aumenta cuando la luz diurna se extiende entre 10 a 14 horas. En el follaje del cultivo de la caña las primeras 6 hojas superiores interceptan el 70% de la radiación y la tasa fotosintética de las hojas

inferiores disminuye debido al sombreado mutuo. Por lo tanto, para una utilización efectiva de la energía radiante se considera como óptimo un valor de 3,0 a 3,5 de Índice de Área Foliar. Las regiones en las que el ciclo de crecimiento del cultivo es corto se benefician de un menor espaciamiento entre plantas, para interceptar una mayor cantidad de radiación solar y producir mayores rendimientos. Sin embargo, en áreas con una fase prolongada de crecimiento es mejor tener un mayor espaciamiento entre plantas, para evitar el sombreado mutuo y la muerte de los tallos (Helmut, 1985).

#### Suelo.

Las propiedades favorables del suelo para el cultivo de la caña de azúcar son:

- Textura: suelo con proporciones adecuadas de los tres componentes, es decir un suelo franco-areno-arcilloso.
- Estructura: granular que facilite su laboreo y capacidad para almacenar agua y un adecuado grado de infiltración.
- Composición mineral: una suficiente cantidad de los cuatro nutrientes minerales calcio (Ca), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); además de materia orgánica, como partículas de humus.
- Acidez o alcalinidad: la caña de azúcar tolera valores de pH entre los 5.5 a 8. Las condiciones ideales de suelo para el cultivo de la caña de azúcar son suelos profundos, alcanzando 80 a 90 cm y buen drenaje natural.

#### Distribución Global de la Caña de Azúcar.

Los países productores de caña de azúcar del mundo están ubicados entre los 36.7° de latitud norte y 31.0° al sur del Ecuador, extendiéndose desde zonas tropicales a subtropicales (CONADESUCA, 2010).

Según los datos de FAO, en el mundo se sembraron unas 21.032.610 hectáreas de caña de azúcar en el 2009, siendo Brasil el mayor con 8.598.440 Has, seguido por India (4.400.000 Has), China (1.630.520 Has) y Pakistán (1.029.000 Has). Brasil (40,88%), India (20,9%), China (7,75%) y Pakistán (4,89%), son los que mayor área de siembra destinaron al cultivo. Estos cuatro países siembran más del 74,42% de la superficie mundial. Otros países que se destacan en cuanto

al área de siembra dedicada al cultivo de caña de azúcar son Tailandia (4,43%), México (no se dispone de informaciones para este año), Cuba (2,06%), Filipinas (1,92%), Australia (1,86%), entre otros (Meyer & Clowes 2011).

Dentro de los principales bienes agropecuarios la caña de azúcar supera los 1 700 millones de toneladas, superando en el doble las producciones de maíz y arroz a nivel mundial. El 75% de estas producciones mundiales de azúcar se concentran en orden decreciente en Brasil, India, China, Tailandia, Estados Unidos, México, Australia (FAO, 2015).

La Caña de Azúcar como alimento animal.

La caña de azúcar es una muy buena alternativa a la alimentación del ganado vacuno durante las épocas invernales o secas, puede utilizarse de diversas formas para la alimentación animal: como forraje en pie, picarse y agregarle aditivos, ensilarse, usar la melaza, usar el bagazo como forraje voluminoso. La caña de azúcar es, además, un forraje de bajo costo relativo debido a sus altos rendimientos por hectárea; y una gran alternativa para las épocas donde los otros recursos forrajeros escasean, gracias a su estabilidad en la composición nutricional conforme avanza el tiempo (CONADESUCA, 2020).

En la alimentación animal se puede utilizar la planta completa (caña de azúcar integral), las puntas de caña, pajas (residuos de cosecha en campo) y los subproductos de fábrica (miel final, bagazo, bagacillo, cachaza o torta de filtro y vinaza) o alimentos derivados de la caña o coproductos. Para los ganaderos que utilizan este cultivo, les debe quedar bien claro que la primera premisa económica debe ser establecer y mantener la caña, de manera que se pueda explotar de forma ventajosa por un mayor número de años. En los períodos de escasez de forraje, la caña de azúcar integral, los subproductos en campo o en fábrica y los coproductos de la caña, son una alternativa (CONTEXTO GANADERO 2018).

La caña de azúcar puede cultivarse con el propósito fundamental de usarla en la alimentación ganadera, pero también se puede utilizar la caña que por alguna circunstancia no es molida por el Ingenio, ya sea en forma de caña cruda o caña quemada, (cañas quedadas, o caña accidentadas). En las cañas cultivadas para

la ganadería, generalmente el corte se realiza en forma escalonada en función de la cantidad de ganado que hay que alimentar, esta forma puede limitar el manejo de las labores del cultivo. Las cañas quedadas y las cañas accidentadas tienen que cortarse para dar paso al cultivo del próximo ciclo, esta situación ha planteado la pregunta de cuánto tiempo puede conservarse la caña en forma entera y ser utilizada con características idóneas en la alimentación animal (Aranda & Mendoza, 2018).

El uso de la caña de azúcar para la alimentación animal se está extendiendo en todos los países donde se desarrolla el cultivo de esta gramínea. En Cuba, debido a la escasez de cereales que existe para la alimentación vacuna, adquiere cada día mayor importancia su utilización y más aún en los momentos actuales que dicha situación continúa agravándose.

Por tal motivo la selección de la caña de azúcar como componente relevante en la alimentación animal es acertada, entre otros aspectos por la gran tradición en la producción de este cultivo en Cuba, así como por presentar propiedades excepcionales y una amplia diversidad de derivados como alimento animal, que pueden ser utilizados, tanto como forraje, como en la preparación de piensos o conglomerados.

Así mismo a partir de investigaciones realizadas, se encuentran identificadas variedades que se utilizan no solamente por la industria azucarera, sino también como forrajes, dentro de las cuales se encuentra las variedades C323-68, C86-503, My-5514, C85-403, entre otras, como las de mayor porcentaje de digestibilidad en los rumiantes. La ruptura física de la caña de azúcar, debido a su alto contenido de fibra, facilita una digestión más rápida y contribuye a un mayor aporte de nutrientes al rumiante y a su vez favorece mayores consumos, por lo que resulta imprescindible el desmenuzado fino con partículas menores a los 15-20 mm para consumo fresco y por debajo de 5 mm para la fabricación de piensos (Hernández, 2012).

#### Composición Química de la Caña de Azúcar.

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 la actualidad para lograr un uso eficiente de este recurso en el período poco lluvioso, donde cada vez se hace más difícil alimentar a los animales (Fernández & Llanes, 2018).

EL tronco de la caña de azúcar está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, contiene agua ya sacarosa, en ambas partes se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas. Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc... (Villarreal, 2006).

Los principales componentes químicos de la caña de azúcar son la sacarosa y la celulosa; la primera se encuentra en todas las partes de la planta, pero concentrada más en el tallo, mientras que la segunda, principalmente en la fibra. Aún cuando se puede obtener azúcar de la celulosa, esta es insoluble en agua y requiere de mayor procesamiento (Valladares, 2014).

Tabla 1. Composición química de la caña de azúcar comparada con los pastos en general (Urdaneta, 2011).

Indicadores	Caña de azúcar	Pastos en general
Materia seca %	26.2 – 28.7	22.0 – 33.7
Proteína bruta %	2.6 – 4.7	6.0 – 9.0
Fibra %	36.1 – 48.1	28.0 – 41.9
Digestibilidad %	50 - 60	40.0 – 55.0

La caña de azúcar es un alimento energético por excelencia, aportar 9,6 MJ/Kg de materia seca, no existiendo cultivo alguno que la supere. El elevado potencial energético y alto contenido de energía digestible que presenta se encuentra fundamentalmente en forma de azúcar. Sin embargo, a la vez que la planta envejece, con el grado de maduración, la mayoría de los azúcares contenidos en ella se reducen y se convierten en sacarosa. Después de alcanzada la maduración, la sacarosa contenida declina con el correspondiente incremento de los azúcares reductores disminuyendo su valor industrial, pero no su valor

nutritivo, porque para el consumo animal se deduce que se produce una transferencia hacia carbohidratos igualmente disponibles para la nutrición animal es por eso que muchos autores plantean que la caña de azúcar no envejece en el campo (Martín, *et; al*, 2010).

#### Digestibilidad de la caña de azúcar.

La digestibilidad de la materia seca es un buen indicador de la concentración energética. La digestibilidad en los pastos y forrajes tropicales son generalmente bajas. Las leguminosas promueven un consumo voluntario mayor que las gramíneas inclusive cuando ambas tengan mayor digestibilidad. Estas diferencias del consumo voluntario se atribuyen a una mayor tasa de degradación en el rumen de las leguminosas que de las gramíneas (Boada, 2012).

La digestibilidad de la fibra disminuye a medida que la planta madura, al igual que otros forrajes, pero al mismo tiempo las acumulaciones de azúcares en el tallo aumentan a una tasa que la compensa, resultado de un pequeño incremento de la concentración energética con la edad, la cual alcanza valores de 2,2 a 2,8 Mcal.kg<sup>-1</sup> de materia seca dependiendo de la concentración de azúcares (Combellas, 1998).

Montpellier & 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 alcanzo 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 por cada 100 Kg de PV).

El aporte de (Aranda & Ramos, 2002), ha sido muy valioso, estos autores encontraron que variedades de caña de azúcar con muy buena digestibilidad a las 72 h (superior a 60 %), presentaron diferencias significativas en la digestibilidad a las 12 h. Se prefirieron para el ganado aquellas que alcanzaron más rápido digestibilidades superiores. Esto es así ya que a medida que un alimento fibroso como el forraje de caña de azúcar se digiera con mayor rapidez, aumentará

también el consumo del mismo por el animal y por ende el consumo de materia seca.

#### Consideraciones metabólicas y nutricionales.

El alto contenido de azúcares fermentables presente en la caña madura permite la sustitución eficiente de la proteína hasta niveles de alrededor de un 70 por ciento por nitrógeno no proteico proveniente de la urea sin observarse problemas de toxicidad y encontrando respuesta en el comportamiento animal (Álvarez & Preston, 1985). Este sin duda es un punto importante debido al alto costo de las proteínas y al relativamente bajo costo del nitrógeno en forma de urea. Hasta la fecha la única fuente de nitrógeno que ha sido estudiada con profundidad ha sido la urea, la cual en términos generales es la más barata y manejable a nivel de unidad. Se han realizado algunos trabajos con amoníaco líquido principalmente como fuente de nitrógeno en el ensilaje (Suarez, 2003).

Adicionalmente, se ha probado la eficiencia de las bacterias productoras de ácido láctico, ya que contribuyen a la estabilización de la flora microbiana presente en el ecosistema ruminal, e influyen en el desarrollo de microorganismos fibrolíticos como agentes deslignificantes, a la vez que se incrementa la digestibilidad de la MS y de la pared celular (Estrada, 2015).

Los carbohidratos son absorbidos en formas de azúcares simples, las proteínas como aminoácidos y las grasas como ácidos grasos y glicerol. En los rumiantes la situación es más compleja, ya que existen dos sitios principales para la degradación, el rumen e intestino delgado, de esta forma todo nutriente consumido tiene tres vías finales: la primera es su degradación en el rumen, la segunda es la digestión post ruminal y la tercera la excreción fecal de su porción no diferida (Mesa, 2011).

#### Limitantes en el uso de la Caña de Azúcar.

La caña de azúcar presenta limitaciones nutricionales para los bovinos como son: bajo contenido de proteína, que varía de acuerdo a la variedad, edad y clima, pero que en general se reporta entre 3 y 4,0 %, bajo contenido de minerales, excepto calcio y potasio. Es de medio a alto contenido de fibra de digestibilidad de media a baja, lo cual reduce su consumo. Afortunadamente estas limitaciones se pueden superar agregándole a la caña picada proteína natural, urea, minerales y azufre,

así como fuentes de aminoácidos, almidones y grasa sobrepasante como la sémola de arroz y otros productos. Se aplican también procedimientos de fermentación anaeróbica o sólida para mejorar la digestibilidad de su fibra y producir en la finca un alimento mejor balanceado (Torres, 2013).

#### Uso de suplementos.

La caña de azúcar más urea y sulfato de amonio se utiliza como suplemento alimenticio para el ganado bovino en pastoreo principalmente en época de escasez de pastos por sequía o exceso de lluvia. Se recomienda suministrar la caña de azúcar picada con 7 gramos de urea azufrada por kg de caña. En la primera semana, para adaptar las bacterias del rumen, usar la mitad de la dosis de urea. Indica además, que es muy importante diluirla en agua para evitar intoxicaciones y rociarla uniformemente con una regadera sobre la caña picada. En caso de que se suspenda el ofrecimiento de la caña con urea azufrada por dos días, es necesario volver al período de acostumbramiento mencionado (Torres, 2013).

La utilización de 2,0 kg urea perlada por cada 100 kg, de caña de azúcar integral repicada mas 1,5 kg de sales mineralizadas constituye una alternativa para el mejoramiento de la dieta basal durante el verano (Espinosa, 2013) .

#### Estudio de variedades de caña de azúcar en la alimentación de rumiantes.

El estudio de variedades para la alimentación del ganado vacuno se inició en la década de los 90 por otros investigadores, fueron recomendadas por Milanés *et al.*, 1997) un grupo de siete variedades y por Molina y Valdez (1998) doce cultivares con estos fines, pero solo tenían como criterio para la recomendación la digestibilidad de la materia seca. Es importante destacar que la susceptibilidad a las principales patologías que afectan al cultivo no era un criterio excluyente para su recomendación (Santana, *et, al;* 2014).

Suárez, (2003), en estudios realizados en 26 genotipos de caña de azúcar, obtuvo que la digestibilidad de la materia seca tiene una relación inversa con el porcentaje de fibra y directa con el número de hojas activas, coincidiendo con algunos apuntes de la literatura extranjera consultada referente al tema.

También Jorge *et al.*, (2009), evaluó 15 caracteres en 44 cultivares de caña de azúcar con doce-catorce meses de edad, en los suelos pardos con carbonato se obtuvo como resultado que veintiuna nuevas variedades introducidas a la producción mostraron porcentajes de digestibilidad superior al 50% y resistencia a las principales patologías.

Utilización de los análisis multivariados.

Los análisis multivariados se han convertido en una herramienta eficaz para explicar un grupo de variables que pueden dar solución a un fenómeno dado. Una de sus principales ventajas es que los datos no necesariamente tienen que distribuirse normalmente y además constituyen un complemento eficaz de los análisis univariados. Entre el análisis multivariado más utilizado, y así se refleja en la literatura, se encuentran los componentes principales y los de conglomerados o clasificaciones automáticas (Clusters). (Linares & Sistachas, 1986) señalan que el análisis de componentes principales se ha utilizado con éxito en las investigaciones agrícolas y corresponde a un modelo lineal de regresión, donde se parte de un conjunto de variables correlacionadas buscando un nuevo conjunto de variables independientes e incorrelacionadas, este método permite eliminar variables y a la vez determinar los más importantes.

Nagatomi & Ohsiro, (1983) utilizan el análisis de conglomerados y el de componentes principales en la clasificación del plasma germinal silvestre de caña de azúcar, señalando que los resultados de ambos coincidieron en esencia, aunque el primero demostró ser más razonable.

Un análisis de la varianza permite determinar si diferentes tratamientos muestran diferencias significativas o por el contrario puede suponerse que sus medias poblacionales no difieren. El análisis de la varianza permite superar las limitaciones de hacer contrastes bilaterales por parejas que son un mal método para determinar si un conjunto de variables con  $n > 2$  difieren entre sí (Montanero, 2015).

## Capítulo II Material y métodos

### Localidad Experimental.

La investigación se desarrolló en el banco de semilla básica de las provincias Cienfuegos y Villa Clara, situado en áreas aledañas a las Empresa Agropecuaria Espartaco en el municipio de Palmira, provincia de Cienfuegos, sobre un suelo Pardo sin carbonato (Cambisol eutricto) (Hernández *et al.*, 1975), (FAO – UNESCO, 1994).

### Diseño experimental de la investigación.

Fueron evaluadas nueve variedades comerciales (Tabla 1), utilizando un diseño experimental de bloques al azar, con un modelo de clasificación simple. Cada variedad ocupó un área de 64 m<sup>2</sup> (4 surcos de 10 m), en la cepa caña planta, con edades entre 12 y 14 meses de edad.

Tabla 2: Variedades estudiadas.

No	Variedades
1	C90-469
2	C86-156
3	C92-325
4	C85-102
5	C86-456
6	C97-366
7	C99-374
8	C93-540
9	C89-147

### Desarrollo de la investigación por objetivos.

Caracterizar la composición fenológica de 9 variedades de caña de azúcar.

Se empleó la metodología de (Molina & Tuero, 1995) , para conocer la relación fenológica (porcentaje del peso tallo fresco, porcentaje del peso cogollo fresco y porcentaje del peso de las hojas secas %) que existe entre las distintas variedades de caña de azúcar en estudio, también como resultado final se confeccionó teniendo en cuenta dicha metodología las muestras necesarias para ser enviadas al laboratorio de Instituto de Ciencia Animal (ICA).

Para la determinación de los valores de digestibilidad de la materia seca por la técnica *in vitro* de KOH. Se realizaron análisis de varianza para conocer las posibles diferencias entre las variedades en estudio y comparación de medias por la prueba de comparación múltiple de Newman Keuls. Los datos fueron transformados por la raíz cuadrada del arco seno de (x) dividido entre 100.

Determinar las diferencias en la composición química de las variedades de caña de azúcar para su recomendación en la alimentación animal.

Las variables digestibilidad de la materia seca, fibra ácida detergente y lignina, se determinaron por la técnica *in vitro* de KOH en el laboratorio del Instituto de Ciencia Animal (ICA), por el método de Kesting, (1977), la proteína bruta se determinó por la metodología empleada por (Herrera, *et al*;1980). Para el análisis de las cenizas, se emplearon las técnicas propuestas por (Perez, 1990). Se realizó análisis de varianza con las variables que conforman la composición química (Tabla 3). La comparación de medias se efectuó por la prueba de comparación múltiple de Newman Keuls, estos datos fueron transformados por la raíz cuadrada del arco seno de (x) dividido entre 100.

Tabla 3. Variables estudiadas

No.	Variables (%)
1	Digestibilidad de la Materia seca
2	Contenido de Fibra Acida Detergente
3	Contenido de Lignina
4	Proteína bruta

#### Procesamiento Estadístico.

Los resultados obtenidos en las evaluaciones se les aplicaron los análisis estadísticos Anova, comparación de medias por la prueba de comparación múltiple de Newman Keuls con una probabilidad de error del 5%, ( $P \leq 0,05$ ). Se confeccionó un análisis de conglomerados para conocer los agrupamientos de los genotipos en estudio teniendo en cuenta las variables digestibilidad de la materia seca, fibra ácida detergente y lignina. Además, se realizó análisis discriminante para ver en qué medida se corresponde la formación de los grupos esperados con

los observados. Para todos los análisis utilizados fue empleado el paquete estadístico Infostar 2009 para Windows.

#### Aportes de la investigación

- Metodológico: Se dispondrá de un grupo de variedades de caña de azúcar con alto valor forrajero (DMS >50 %), recomendadas para la alimentación animal, así como su composición química y fenológica, además también se contará con información relacionada con las variables estudiadas (9) y su relación con la digestibilidad de la materia seca.
- Económico: El efecto económico se traduce en que al contar con variedades de caña de azúcar donde su valor de digestibilidad es superior en un 15 % respecto a otra, incorpora a su metabolismo de un 25-40 % más de materia seca digestible y como resultado, los indicadores productivos (producción de carne y leche) se verán favorecidos en la misma magnitud.
- Ambiental: Toda política relacionada con el incremento de la producción de biomasa trae consigo una repercusión ambiental importante. Incrementar el área dedicada a la producción de caña de azúcar permite por cada hectárea plantada captar aproximadamente 80 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Cuellar *et al*, 2003) de esta forma se estaría contribuyendo a la disminución del calentamiento global y a la disminución de la capa de ozono (O<sub>3</sub>) que protege nuestro planeta de los rayos ultravioleta.

### **Capítulo III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

En la tabla 4 se muestra la composición morfológica de las variedades de caña de azúcar en estudio. Cuando analizamos el porcentaje de tallo fresco, la variedad C86-156 no muestra diferencias significativas con el cultivar C90-469, C92-325, C86-456, C99-374, C93-540, y difiere de C885-102, C97-366, C89-147 de las variedades en estudio. Si analizamos el coeficiente de variación (4,62) podemos interpretar que al estudiar los nueve cultivares de caña de azúcar en un mismo estadio fisiológico (edad) las variaciones del % del peso fresco del tallo son mínimas.

Tabla 4. Composición fenológica de las variedades de la caña de azúcar (%).

Variedades	Tallo	Cogollo	Hojas secas.
C90-469	81,53 (0,79)ab	10,18 (1,21)a	8,29 (1,22)ab
C86-156	84,46 (0,75)a	10,86 (1,21)ab	4,68 (1,24)a
C92-325	75,11 (0,85)ab	15,36 (1,19)ab	9,53 (1,21)ab
C85-102	71,11 (0,88)b	14,43 (1,20)ab	14,45 (1,2)b
C86-456	78,82 (0,81)ab	12,99 (1,20)ab	8,19 (1,22)ab
C97-366	71,33 (0,88)b	21,39 (1,17)b	7,28 (1,22)ab
C99-374	77,81 (0,83)ab	17,67 (1,18)ab	4,52 (1,23)a
C93-540	54,81 (0,88)ab	21,22 (1,16)b	7,98 (1,22)ab
C89-147	69,8 (0,89)b	19,07 (1,17)ab	11,13 (1,21)ab
CV(%)	4,62	1,37	0,99
ES ±	0,11	0,04	0,03

Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente a  $P < 0,05$  (Newman-Keuls) ( ) Valores transformados

Chávez (2008) al estudiar la composición fenológica de la caña de azúcar reportó valores para el porcentaje de tallo fresco de 71,80%, señalando que esta variable está sujeta a la variedad edad, ciclo vegetativo, localidad, manejo tecnológico entre otras.

Dentro del esquema de selección de cultivares de caña de azúcar para la agroindustria azucarera el tallo revierte gran importancia porque es el sitio donde se concentra la sacarosa, (Jorge et al., 2002). Para los ganaderos también resulta importante, esta fracción porque además de contener carbohidratos de fácil fermentación en el rumen, contiene carbohidratos estructurales, también fuente de energía para la alimentación del rumiante (Suárez *et al.*, 2003).

Los carbohidratos contenidos en el tallo maduro de la caña de azúcar en forma de azúcares fermentables pueden sustituir en su totalidad la energía que aporta

aproximadamente el 65% de los cereales que se utilizan para la fabricación de pienso en la especie porcina (Mederos, 2012).

En nuestro país se han diseñado diferentes tecnologías con el uso del tallo de la caña de azúcar, donde a partir de transformaciones físico químicas se pueden obtener un producto más completo que la materia prima que le dio origen, podemos referirnos concretamente a la saccharina, saccharea y a las harinas a partir del tallo de la caña de azúcar. (Rosales, 2013)

El mismo autor reportó que en novillos alimentados con tallo fresco de caña de azúcar refiere ganancias de 605 gramos diarios de peso vivo con valores de consumo de 4,58 Kg de materia seca.

Al evaluar la variable porcentaje de cogollo, se observan diferencias significativas entre las variedades en estudio. La variedad C97-366 (valor más alto con una media de 21,39 solo difiere significativamente con el cultivar C90-469, pero no manifiesta diferencias significativas con el resto de las variedades en estudio.

Rosales (2013) planteó que el cogollo de la caña de azúcar representa una de las secciones que mejores resultados y ganancias han reportado en el peso vivo de novillos en desarrollo, juega un papel importante en dietas basadas en caña de azúcar, ya que en un principio estas representan de 20-30 % de la planta entera que tienen un efecto positivo como fibras largas de alta calidad en el consumo voluntario y el comportamiento animal sobre todo cuando estas son verdes y frescas. Este autor reporta ganancias de peso vivo diario de 839 gramos diarios en novillos alimentados con cogollos, reportando consumos de 7,5 Kg de materia seca.

El porcentaje fresco de las hojas secas adheridas al tallo también mostraron diferencias significativas entre las variedades en estudio. Los valores de las variedades C86-156 solo difiere de C85-102, no muestra diferencias significativas con el resto de las variedades. Se destaca con los valores más altos la C85-102 con una media de 14,45 %.

Esta fracción de la caña de azúcar es la menos importantes en el aporte de nutrientes, es el material más lignificado con valores de digestibilidad muy bajos y están en dependencia de la propiedad de auto despaje que muestran las

variedades de la caña de azúcar, Jorge *et al.*, (2006) señala que las variedades C85-102 y C89-147 muestran cualidades auto despajable.

Al estudiar de conjunto las tres variables se puede afirmar que los altos valores de la variable porcentaje de tallo responde al estadio de madurez del material en estudio (12 a 14 meses de edad), momento en el cual el cogollo mantiene un mínimo de hojas activas, y la cualidad auto despajable en las variedades cubanas se manifiesta con mayor intensidad. Este aumento de la fracción tallo aumenta la digestibilidad de la caña en el momento que más lo necesitan nuestro rebaño, en los meses de menor disponibilidad de biomasa disponible para cubrir sus requerimientos nutricionales.

Resultados similares fueron reportados por (Lopez *et al.*, 2004) al evaluar los componentes fenológicos de la caña de azúcar. Leal *et al.*, (1990), citados por López *et al.*, (2004) plantearon que las variedades C120-78 y C323-68 se caracterizan por perder la paja en la medida que se acercan a la madurez, mientras que C1051-73 y la C86-456 muestran una aceptable relación del tallo con respecto al cogollo y la paja. Este comportamiento demuestra que hay variedades de caña de azúcar que conservan un mayor volumen de follaje verde utilizable para el ganado.

La composición química de las variedades en estudio se muestra en la Tabla 5.

Los valores más altos de la variable digestibilidad de la materia seca señalan los cultivares C86-156, C93-540, C89-147, (valores superiores al 54 %) mientras que los más bajos se muestran en las variedades C97-366, C99-374 y la C86-456 inferiores todos al 50 % de digestibilidad de la materia seca.

Tabla 5. Composición química de variedades de caña de azúcar, (%)

Variedades	DMS	FND	FAD	Cel.	PB
C90-469	48,11 1,03abc	74,91 0,84abc	50,69 1,02bc	41,73 1,07bc	4,48 1,23a
C86-156	58,65 0,97de	73,99 0,86ab	45,54 1,05ab	35,2 1,1a	4,78 1,23a
C92-325	51,99	82,03	47,63	37,92	4,14

	1,01bcd	0,78bc	1,04ab	1,09abc	1,24a
C85-102	44,55 1,06a	76,48 0,83abc	47,29 1,04ab	36,67 1,09ab	3,79 1,24a
C86-456	47,17 1,04ab	78,71 0,81abc	47,62 1,04ab	37,49 1,09ab	3,97 1,24a
C97-366	45,90 1,04ab	82,37 0,77bc	52,28 1,01bc	42,3 1,06c	5,65 1,23a
C99-374	44,55 1,05ab	86,86 0,72c	55,05 0,99c	47,93 1,03d	3,61 1,24a
C93-540	54,81 0,99cde	65,77 0,92a	42,18 1,07a	34,91 1,1a	4,13 1,24a
C89-147	58,83 0,97e	70,22 0,89ab	44,97 1,05ab	34,28 1,11a	4,12 1,23a
CV (%)	1,43	5,64	1,37	0,89	0,35
ES±	0,0415	0,1334	0,0404	0,0275	0,0123

*Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente a  $P < 0,05$  (Newman-Keuls) ( ) Valores transformados.*

La digestibilidad de la materia seca de la caña de azúcar tiene una estrecha relación con los carbohidratos soluble, una vez madura conserva su valor nutritivo en el tiempo siempre que no sea afectada por heladas. Esto se explica por el aumento de azúcares fácilmente fermentables que compensan la disminución de la digestibilidad producida por la mayor lignificación. El incremento de azúcares puede incluso aumentar la digestibilidad total de la planta madura (los azúcares se reducen y se convierten en sacarosa, incrementándose los azúcares reductores) (Guerra, 2013).

Esta variable (digestibilidad de la materia seca) tiene mucha importancia, al recomendar cultivares de caña de azúcar para la alimentación animal. Autores como Molina & Tuero (1995), Suárez *et al.*, 2003), López (2004), Jorge *et al.*, (2009) citados por Mesa (2011) recomendaron cultivares de caña de azúcar con valores de digestibilidad superior al 50 %. También Suárez *et al.*, 2003) planteó que cuando existen diferencias de un 15 % de digestibilidad entre dos variedades, la de mayor valor incorpora entre un 25 % y un 40 % más de nutrimentos, reflejándose en esa magnitud incrementos de carne y leche.

Los resultados que se exponen de las variables fibra ácida detergente (FAD), Fibra neutra detergente (FND) y contenido de celulosa, merecen ser explicadas relacionándolas por su participación en el valor nutritivo de la caña de azúcar.

La variedad C99-374 muestra los valores más altos, con diferencias significativas estadísticas con el resto de los cultivares en estudio cuando interpretamos los valores de FAD, FND y contenido de celulosa. Todo lo contrario, con el cultivar C93-540 que expresa los valores más bajos para las mismas variables en estudio.

De Farías *et al.*, (2004) reportaban que el contenido de fibra ácida detergente mantiene una relación inversa con la digestibilidad de la materia seca, Al aumentar el contenido de fibra ácida detergente disminuyen los valores de la digestibilidad de la materia seca. este reporte coincide con nuestros resultados.

El estudio del contenido de proteína no mostro diferencias significativas entre los cultivares en estudio, coincidiendo con la bibliografía consultada que afirma que la caña de azúcar es un alimento energético por excelencia con bajos tenores de proteína bruta.

#### Análisis de conglomerados.

Según el dendograma del análisis de conglomerados (1), con una parada del clúster por el umbral 2,30 de la distancia Euclidiana, permitió visualizar la formación de tres grupos de cultivares a partir de las variables que se incluyeron en el análisis (digestibilidad de la materia seca, fibra ácido detergente, fibra neutra detergente, contenido de lignina y celulosa), el segundo grupo con valores superiores de digestibilidades de la materia seca respecto al primero y tercero. Manifestándose así también los valores de lignina.

VARIETADES
1 C90-469
2 C86-156
3 C92-325
4 C85-102
5 C86-456
6 C97-366
7 C 99-374
8 C93-540
9 C89-147

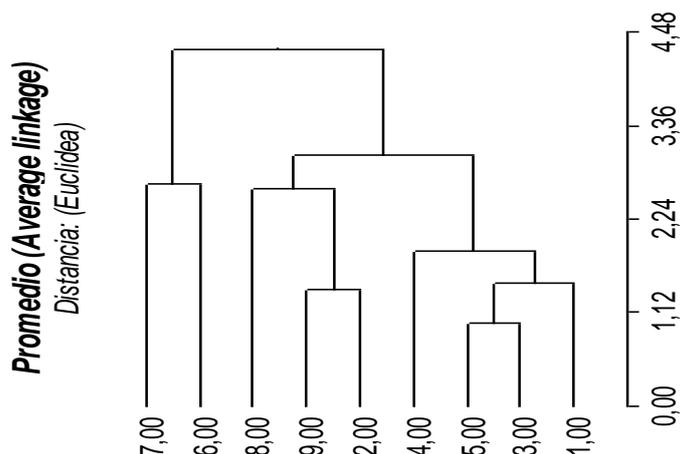


Figura 1. Resultados del análisis de conglomerados.

En la tabla 6 se demuestra que los grupos que se conformaron como resultado del análisis de conglomerados y corroborados por el análisis de discriminantes mostraron diferencias significativas entre ellos, el grupo 2 con los valores más altos de digestibilidad de la materia seca difiere significativamente con los grupos 1 y 3.

Tabla 6. Agrupamiento por variedades y los valores medios de las variables en estudio.

GRUPO	DMS	FND	FAD	Lignina	Celulosa
1	45,23b (1,27)	84,62 <sup>a</sup> (0,75)	53,67 <sup>a</sup> (1,00)	6,01 b (1,23)	42,30 a (1,05)
2	57,43a (1,04)	69,99b (0,89)	44,23b (1,06)	7,35 a (1,22)	34,80 b (1,10)
3	47,96b (0,98)	78,03ab (0,82)	48,31b (1,04)	6,97 b (1,23)	38,33 ab (1,09)
CV	12,53	3,55	0,02	0,40	1,08
DSM	0,34	0,07	0,02	0,01	0,02

Leyenda:

Grupo 1:(C99-374, C97-366)

Grupo2:(C93-540, C89-147, C86-156)

Grupo3:(C85-102, C86-456, C92-325, C90-469)

Cuando analizamos la fibra ácida detergente, el grupo 1 (cultivar con mayor valor de digestibilidad) muestra diferencias significativas con el grupo 2 y 3, mientras que estos últimos no difieren entre sí. Al examinar los valores de lignina el grupo 1 y 3 no muestran diferencias significativas, pero ambos si difieren del grupo 2 que tiene los valores de digestibilidad de la materia seca más elevado. En resumen se demuestra estadísticamente un correcto agrupamiento de los cultivares en estudio al trabajar con las variables seleccionadas.

## **CONCLUSIONES.**

- Al caracterizar las variables morfológicas y químicas en 9 cultivares de caña de azúcar se demuestra la existencia de una variabilidad muy marcada entre ellas, con la sola excepción de la variable proteína bruta.
- El análisis de conglomerados permitió formar tres grupos bien definidos. El grupo 2 compuesto por las variedades C93-540, C89-147, C86-156, mostraron los mejores resultados para su recomendación al productor ganadero.

## RECOMENDACIONES.

- Proponer a los productores ganaderos las variedades C93-540, C89-147, C86-156 por mostrar los mejores resultados de las variables en estudio.
- Continuar estudiando nuevas variedades que ocupan un espacio importante en la composición varietal en la agricultura cañera para su posible utilización en la alimentación de rumiantes.

## BIBLIOGRAFÍA.

Aranda, M., Ramos, J. A., Mendoza M, G. D., Salgado S, G., Bueno S., I. C. (2018) *Conexto ganadero.El Potencial de la caña de azucar para la alimentación.*

Aranda, E. Mendoza, G. y Ramos, J. (2002). *Evaluación nutricional de ocho variedades de caña de azúcar como potencial forrajero en la Chontalpa, México. Memorias del Foro Internacional La caña de azúcar y sus derivados en la producción de leche y carne.*

Bernal, Aidiloide (2016). *Producción de metabolitos secundarios durante la propagación de la caña de azúcar en Biorreactores de Inmersión Temporal.* (Tesis en opción al título de doctor en Ciencias Agrícolas). INICA.

Boada, A. (2012):*Nutrición animal 2.* Félix Varela.

Brito, F. (2013). *Caña de azúcar y sostenibilidad: Enfoques y experiencias cubanas.* Obtenido de [www.laneta.apc.org/desal/spip](http://www.laneta.apc.org/desal/spip).

Combellas, J. (1998). *Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías.*[tesis de post grado de Produccion Animal, Universidad Central de Venezuela]

CONDESUCA:(2010). Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. *La Caña de Azucar como alimento para el ganado vacuno.* México.

Comparni. (2006). *Evaluación de variedades de Caña de Azúcar (Sacharum spp) en el Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa.* [tesis de grado, Universidad de San Carlos]

Cuéllar. (2003). *Caña de Azúcar, paradigma de Sostenibilidad.*

Chávez, M. (2008). Uso de la caña de azúcar como forraje. *Revista Especializada, Ventana Lechera.* 3(10), pp. 45-51.

Duarte Alvarez., O., & González Villalba., J. (2019). *Cultivo de la Caña de Azúcar.*

Espinosa, F. (2013). Efecto de la suplementación con cañade azucar-urea en la ganancia de peso en mantuas a pastoreo. *Científica*, XIII(5), 352-355.

Estrada , J. (2015). Digestibilidad de un ensilaje de caña . *Oastos y Forrajes*. vol. 38(4), pp. 425-430.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO) (2015). *Food and Agriculture Organization of the United Nation. FAOSTAT. Statistics Division*. <http://faostat.fao.org>.

Fauconnier, R., & Bassereau, D. ( (1975).). *La Caña de Azúcar*. Blume.

Fernández Galvez, Y., Pedraza Olivera, R., & Llanes Díaz, A. (2018). Indicadores de la composicion quimica en la caña de azucar segun edad de rebrote , cultivar y fraccción de la planta. *Producción Animal*, 30(1).

Santana, I.; Maribel González; S. Guillén; R. Crespo (2014) *Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar*.

Guerra, S, C. (2013). *Sitio Argentino de produccion animal. Que debemos tener en cuenta para incorporar la caña de azúcar en la dieta de los animales*. <http://www.Producción Animal.com>

Helmut, B. (1985). *Geography of Sugar Cane*. Zambon.

Hernández, A; Pérez, J; Ortega, O; Ávila, L; Cárdenas, A; Marrero, A; y Companioni, N; (1975): Clasificación genética de los Suelos de Cuba. *Revista Agricultura VIII (1) pp. 47-69*.

Hernández., P. A. (2012). *Analisis de la caña de azucar como alimento para el ganado*.

Herrera, R., Gonzalez, S., Hardy, C., Pedroso, D., Garcia, M., Senra, A., Cuesta, A. (1980). *Analisis quimico del pasto. Metodologia para las tablas de composicion*. ICA.

Info, S. (2009). *Info Stat version 2009*. Argentina.

Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azucar INICA (2018). *Caña es más que Azúcar. Revista INICA*, (3), p. 23-24.

Jorge, H., Jorge, I., Bernal, N., Cabrera, L., Gonzalez, F., Gonzalez, R., Tuero, S. (2002). *Avances del programa de Fitomejoramiento en Cuba. Impacto en la Agroindustria Azucarera. Diversificación 2002.*

Jorge, H., Suarez, O., Garcia, H., Jorge, I., Benitez, L., & Vera, A. (2009). *Diversificación de las variedades de caña de azúcar en la alimentación y sostenibilidad del ganado vacuno.* ATAC.

Jorge, O., Suárez, H., & García, A. (2008). Diversificación de las variedades de caña en la alimentación y sostenibilidad del ganado vacuno. *Revista ATAC*, 14-21.

Leitón, P. P. (2008). *Estudio de investigación a escala de laboratorio para la purificación y estabilización del jugo de caña.* Planeta.

Leal, C.P.P.; Cabrera, M.L. & Chinea, M.A. (1990) *Caracterización y manejo de las variedades de caña de azúcar en la provincia de Matanzas.* Cubaliteraria.

Linares, G., Acosta, L., & Sistachas, V. (1986). *Estadística Multivariada.* La Habana.

López, Y., Ramírez, J., Nieves, K., & Fonseca, L. (2004). Valor nutritivo de variedades de caña de azúcar para forrajes. *Pastos y Forrajes*, 27(3), 34.

Mederos, C (2012). *Uso de la caña de azúcar en la alimentación de cerdos ganadería, desarrollo sostenible y medio ambiente.* Instituto de Investigación Porcina (IIP). [www.actaf.com.cu/alimentacion](http://www.actaf.com.cu/alimentacion) para los cerdos. Consultado el 28-03-2017.

Martín, P. (2005). Uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche. *Revista cubana de ciencias agrícolas.*, 427- 438.

Martin, P., Delgado, D., Stuar, J., Fundora, O., Michelena, J., Delgado, A., Simon, L. (2010). En *Estrategias de alimentación para ganado bovino en el trópico.* (pág. 63). EDICA Instituto de Ciencia Animal.

Martínez, J. (2015). *Evaluación Agrotécnica de la Combinada Cosechadora de Caña de Azúcar CASE IH 8800 y del Semirremolque Autobasculante de Fabricación Cubana en Suelos Arcillosos Pesados con Superficies Acanterada.*

- Mesa, J.M.; González, R.; Rodríguez, Mérida; Hernández, G.A.; Jiménez Ana Lidia; García, H., González, R.; Almeida, R.; Guillén, S.; Alfonso, Isabel; Díaz, F.R.; Torres, Isabel. (2016). XXIII Reunión Nacional de Variedades, Semillas y Sanidad Vegetal. *Revista Cuba Caña, Suplemento Especial*, pp. 1-48.
- Mesa, N. (2011). *Recomendación de variedades de caña de azúcar para la alimentación y sostenibilidad del rumiante*. CETAS.
- Meyer, J.; Clowes, M. (2011). Sugarcane and its environment. En: Good management practices manual for the cane sugar industry, Meyer, J., Rein P., P. Tuner and K. Mathias (eds.), International Finance Corporation (IFC), World Bank Group, Prepared by PGBI Sugar & Bio-Energy, South Africa. Pp. 14-57.
- Milanés, N.; López, J.; Balance, M.C.; Hervis, N. (1997). Recomendaciones en variedades de caña de azúcar para la ganadería en la provincia La Habana. *Revista ATAC 2(97)*, pp. 13.
- Milton, B.; Alvin, J.; Deise, X. y Ferreira, P. 2001. Gramíneas tropicales de Potencial forrajero. *Rev. Balde. XXXVII (442)*, pp. 56-61.
- Molina, A. y Valdez, G. 1998. *Alternativas tecnológicas para la producción de leche y carne en las actuales condiciones de Cuba*. En AGRONAT 98 y III Taller de Extensión Rural. Memorias pág 17.
- Molina, A., & Tuero, O. (1995). Selección de variedades de caña de azúcar para el ganado vacuno. *ACPA 2 (21)*.
- Montanero, J (2015). *Manual abreviado de Análisis Multivariante. Extremadura*. Universidad de Extremadura.
- Nagatomi, S., & Ohsiro, Y. (1983). *Classifications of sugar cane wild germ plasma by methods of numerical taxonomy*.
- Pérez, D. (1990). *Técnicas de laboratorio para el análisis de minerales en los forrajes. Manual de técnicas de investigación en Rumiología*. Santillana.
- Preston, R. (1989). Utilización de la caña de azúcar en la alimentación animal. *En la caña de azúcar como pienso. (72)*, pp. 71-80.

Ramos, N., & Cachena, L. (2015). Importancia del suelo en la producción mundial de alimentos, en la disminución de la pobreza y en la seguridad alimentaria. *Conservación y Manejo de Suelos*.

Rosales, R. (2013). *Uso de la caña de azúcar en la alimentación animal*. [www.opciones.cu-caña de azúcar alternativa visible para la alimentación ganadera](http://www.opciones.cu-caña-de-azúcar-alternativa-visible-para-la-alimentación-ganadera).

Sánchez, M. (2009). *Producción agropecuaria. Caña forrajera*. Obtenido de <http://mariohumbertosanchez.blogspot.com/2009/06/cana-forrajera-o-panelera-familia.html>

Santana, I.; Rodríguez, J.; Nodarse, Odalis; Bernal, Aydiloide; Monte de Oca, J.L.; Jiménez, Mayra; Machado, P.; Rolo, J.M.; Pérez, Alicia; Zayas, C. (2014). Biofábrica de 5<sup>a</sup> generación. En XXXVI Convención y EXPOATAM 2014 "Héctor M. Sáenz Couret", septiembre 2 al 5 de 2014. Revista ATAM, México, abril-junio, 2014, pág 10.

Serrano, R. E. (2016). *Importancia del Suelo como recurso natural en los ecosistemas agrarios*.

Spencer, E. (1967). *Manual de azúcar de caña*. Edición Revolucionaria.

Súarez, R. (2005). *Caña de azúcar y sostenibilidad: enfoques y experiencias cubanas*.

Súarez, O. (2003). *Varietades de caña de azúcar para la alimentación del ganado vacuno*. [Tesis de maestría, Universidad de Cienfuegos].

Torres, J. (2013). *Alternativas para alimentación de bovinos con base en caña de azúcar*. Trabajo presentado al XIX Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica.

Urdaneta, J. (2011). *La caña de azúcar. Una opción para el ganadero*. <http://www.avpa.ula.ve>

Valladares, G. (2014). Necesidades de innovación en la producción de caña de azúcar. En *agroproductividad*.

Villarreal, A. E. (2006). *Aplicación de técnicas para la clarificación del jugo de caña como mejorador de sus características organolépticas*. Ambato.

Viñeta, J. (2007). *Diseño y acondicionamiento de una nave para la producción de insectos como piensos alimentarios.*