



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO SISTEMAS INTEGRALES DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Trabajo de Graduación

Caracterización nutricional de la fermentación en estado sólido de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con diferentes niveles de inclusión de harina de granos de *Canavalia ensiformis*, 2015.

AUTORES

Br. Greyving Antonio Blandino Guido
Br. Jader Aníbal Pineda Blandón

ASESORES

MSc. Norlan Caldera Navarrete
MSc. Rosario Rodríguez Pérez
PhD. Nadir Reyes Sánchez

Managua, Nicaragua, 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Ciencia Animal, como requisito para optar al título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

MIEMBROS DEL TRIBUNAL:

Presidente
Ing. Bryan Mendieta Araica PhD.

Secretario
Ing. Marcos Jiménez Campo

Vocal
Ing. Wendel Mejía Tinoco

Sustentantes:

Br. Greyving Antonio Blandino Guido

Br. Jader Aníbal Pineda Blandón

Managua, Nicaragua, 24 de Julio del 2015

Índice de contenido

	Contenido	Páginas
	Dedicatoria	i
	Agradecimiento	iii
	Índice de Cuadros	iv
	Índice de Grafica	v
	Índice de Figuras	vi
	Índice de anexos	vii
	Resumen	viii
	Abstract	ix
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	2
	2.1. Objetivo General	2
	2.2. Objetivos Específicos	2
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	3
	3.1. Ubicación y fecha del estudio	3
	3.2. Descripción del experimento	3
	3.3. Materiales vegetativos utilizados	3
	3.3.1. Caña de azúcar (<i>saccharum officinarum</i>)	3
	3.3.2. Canavalia (<i>canavalia ensiformis</i>)	3
	3.4. Obtención de la saccharina mejorada (Sacchacanavalia)	3
	3.5. Descripción de los tratamiento	4
	3.6. Manejo del experimento	5
	3.7. Diseño del experimento y análisis estadístico	5
	3.8. Variables Evaluadas	6
	3.8.1. Descripción de las variables	6
	3.8.1.1. Temperatura de fermentación y pH	6
	3.8.1.2. Temperatura ambiente (TA)	6
	3.8.1.3. El contenido de MS, cenizas, PB, FDN	6
	3.8.1.4. Digestibilidad In vitro de la Materia Seca	7
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
	4.1. Indicadores Fermentativos	8
	4.1.1. Temperatura de fermentación	8
	4.1.2. pH de la fermentación sólida de Sacchacanavalia	9
	4.2. Composición química de Caña de azúcar y Sacchacanavalia	10
	4.3. Digestibilidad <i>In vitro</i> de la materia seca de los tratamientos	12
V.	CONCLUSIONES	14
VI.	LITERATURA CITADA	15
VII.	ANEXOS	19

Dedicatoria

A Dios por darme la vida, por ayudarme a enfrentar los retos que se me presentan y por darme el entendimiento para poder llegar hasta esta etapa de la vida.

A mi madre **Damariz Blandino Calero** y a mí abuelita **Tomasa Calero Romero** por todos sus esfuerzos, consejos y sacrificios me permitieron superarme.

A mi hermano que de una u otra manera me alentó a salir adelante y dar mi mejor esfuerzo siempre.

A los Docentes que me brindaron en el transcurso de la carrera de ingeniería en zootecnia herramientas que me ayudaron realizar este trabajo.

A los amigos, compañeros personas que estuvieron y están en el transcurso del cierre de este ciclo de mi vida gracias por todo que de una u otra manera me apoyaron.

Greyving Antonio Blandino Guido

Dedicatoria

Antes que todo dedico este trabajo a mi señor **DIOS** todo poderoso, quien lo puede por darme salud, sabiduría y el entendimiento para culminar mis estudios. Ya que sin el nada de esto hubiera sido posible.

Como también dedico este trabajo de manera muy especial a mi madre **Consuelo Blandón Blandón**, ya que con su apoyo incondicional, tanto económico como emocional fueron las pautas e instrumento necesario para triunfar y llevar a cabo mis estudios profesionales. Y con mucho cariño a mi padre **Aníbal Pineda** que dios lo tenga en su santa gloria.

A mi hermano **José Luis Morales Blandón** por ser mi ejemplo a seguir y de esta manera haberme incitado y contribuido a conllevar y triunfar en mis estudios.

A mi compañera **Keyling Isabel Úbeda Rugama** y a mi hijo **Aníbal José Pineda Úbeda** por brindarme parte de su valioso tiempo transformándolo en sonrisa, alegría y confort. Dándome entusiasmo moral en mi vida personal, así esforzándome cada día más.

A mi compañero de tesis y amigos por darme su tiempo, amistad y con fianza a lo largo de mi carrera.

Jader Aníbal Pineda Blandón

Agradecimientos

A **DIOS** por prestarnos la vida y darnos sabiduría, entendimiento y armonía necesaria para terminar esta etapa tan importante para nuestro desarrollo profesional.

A los Prof. **PhD.. Nadir Reyes, MSc. Rosario Rodríguez Pérez y MSc. Norlan Caldera N.** por habernos dado su apoyo intelectual en todo el proceso de este trabajo.

A la Universidad Nacional Agraria (**UNA**) por brindarnos la oportunidad de realizarnos como profesionales bajo esta alma mater.

A todas las personas, compañeros, amigos y profesores que de una u otra forma nos ayudaron a realizar nuestro trabajo.

Greyving y Jader

Índice de Cuadros

Cuadro		Pág.
Cuadro 1:	Composición química de los tratamientos en estudio	11

Índice de Graficas

Grafica		Pág.
Grafica 1.	Comportamiento de la temperatura de fermentación de los tratamientos	8
Grafica 2.	Comportamiento del pH durante el proceso fermentativo de Sacchacavalia	10
Grafica 3.	Digestibilidad <i>In vitro</i> de la materia seca de la caña de azúcar y sacchacavalia a diferentes niveles de inclusión de harina de grano de cavalia	12

VI. índice de Figuras

Figura		Pág.
Figura 1.	Distribución de los tratamientos en estudio	4

Índice de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Resultados análisis bromatológicos	20
Anexo 2. Temperatura de fermentación (TF) y pH (Ph56 MARTINI 0,01pH [®])	20
Anexo 3. Toma de la temperatura ambiente (TA), Chaney ACUARITE [®]	21
Anexo 4. Recolección de datos	22
Anexo 5. Muestra inicial del material antes de pasar por el proceso de fermentación	23
Anexo 6. Muestra final pasada las 36 h. del proceso de fermentación	24

Resumen

Se estudió el efecto de adicionar harina de grano de Canavalia sobre la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar (Sacchacavalia) como forma de mejorar su valor nutricional. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Caña de azúcar (T1). Los niveles de inclusión de harina de grano de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) fueron 5% (T2), 7% (T3) y 10% (T4). Las variables estudiadas fueron Temperatura ambiental (TA), Temperatura de fermentación (TF), y pH, análisis bromatológicos: materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad *In vitro* de la materia seca (DIVMS). Los resultados obtenidos mostraron que la TA presentó variación a lo largo del día, afectando más la fermentación de saccharina rústica en comparación a sacchacavalia. La TF fue más estable en los tratamientos de Sacchacavalia (<32°C) respecto a saccharina rústica (>32°C). El pH que presentó sacchacavalia se mantuvo en rangos entre los 9.23 a 9.80 en cambio la saccharina rústica fue inferior a 7. Se encontró diferencias ($p < 0.01$) para MS inicial, no así para MS final ($p > 0.05$). Se encontraron diferencias para PB ($p < 0.01$) siendo mayor para el T4 (12.6%) e inferior para el T1 (2.2%). La FDN mostró una $p < 0.05$, siendo mayor para T4 (42.5%) e inferior para T2 (36.2%), sin embargo T1 (39.2%) no difiere de ningún tratamiento. La DIVMS no mostró diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$). La adición de harina de grano de Canavalia mejora la FES de la caña de azúcar y a su vez mejora el valor nutricional de la misma, lo que lo hace un alimento de mejor valor al compararlo con caña de azúcar.

Palabras Claves. Caña de azúcar, fermentación en estado sólido, harina de grano de canavalia, Sacchacavalia, bromatología.

Asbtract

The effect of adding grain flour of Cannavalia on the fermentation in solid state (FAITHS) of the sugar cane (Sacchacanavalia) like way of improving your nutritive value was studied, a completely random design (DCA) with four treatments and three repetitions Were Used. Sugar cane (T1). The levels of inclusion of flour of grain of Cannavalia (*Canavalia ensiformis*) were 5 % (T2), 7 % (T3) and 10 % (T4). The studied variables were Ambient Temperature (BP), Temperature proofing, and pH, analysis bromatológys, fiber. The obtained results showed that her BP I present variation in the course of the day, affecting plus the fermentation of rustic saccharina comparatively to sacchacanavalia. The TF was stabler in the treatments of Sacchacanavalia (<32 °C) in relation to saccharina rustic (>32 °C). The pH that showed sacchacanavalia kept itself in status between the 9,23 to 9,80 on the other hand the rustic saccharina was inferior to 7. It found differences ($p<0,01$) for initial MS, I did not grasp for final MS ($p>0,05$). Differences for PB ($p<0,01$) being older for the T4 (12,6 %) and inferior for the T1 met (2,2 %). The FDN showed a $p<0,05$, being older for T4 (42,5 %) and inferior for T2 (36,2 %), however T1 (39,2 %) does not differ from any treatments. The DIVMS did not show differences between the treatments ($p>0,05$). The addition of flour of grain of Canavalia improves the FES of sugar cane and in turn improves the same one nutritive value of her, what makes it out a food of better value when comparing it with sugar cane.

Keywords: Sugar cane, fermentation in solid state, grain flour of cannavalia bean, Sacchacanavalia, bromatology.

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua la principal fuente de alimentación utilizada en las explotaciones pecuarias son los pastos y forrajes, cuya producción está influenciada, por la temperatura, precipitación y radiación solar, ocasionando excedentes de producción en épocas de lluvia y escasez en épocas de baja precipitación o sequías prolongadas, afectando la producción y el comportamiento animal (Vivas y Carvajal, 2004).

En los últimos años la alimentación de forma tradicional en el sector pecuario ha sufrido grandes alteraciones debido a los efectos del cambio climático lo que incrementa los costos de producción lo que hace necesario la búsqueda de nuevas alternativas no convencionales de alimentación (FAO, 2013).

La caña de azúcar por sus cualidades de resistencia a la época seca, por su gran producción de biomasa y por las cualidades del tallo de almacenar grandes cantidades de carbohidratos ha demostrado ser de mucha importancia para la alimentación ya que presenta gran aporte energético pero bajo contenido de proteína lo que la coloca como un forraje de regular calidad el cual debe ser suplementado adecuadamente con fuentes amiláceas y proteínas, para mejorar su calidad (Vasallo, 2007 citado por Torres, 2013).

Por otro lado, *Canavalia ensiformis* es una leguminosa que ha presentado muchas cualidades benéficas en el ámbito nutricional (Marenco y Reynosa, 2001). Una de sus cualidades es que en procesos fermentativos potencializa la producción de amoníaco.

Considerando esta cualidad de *Canavalia ensiformis* se puede mejorar la calidad de la caña de azúcar a través de la fermentación en estado sólido, enriquecida con la adición de harina de granos de Canavalia, aumentando su contenido de compuestos nitrogenados proteicos, debido al incremento de biomasa microbiana (Julián y Ramos, 2007).

La fermentación en estado sólido (FES), es un proceso biotecnológico para preservar o desarrollar nuevos alimentos a partir de la utilización de productos o subproductos agroindustriales ricos en carbohidratos solubles y estructurales mediante el uso de microorganismos (Pastrana, 1996).

La FES se desarrolla a partir de la microflora epifítica (levaduras y bacterias) presente en la caña de azúcar, los que se nutren de los azúcares presentes y cuya reproducción y desarrollo se favorece mediante el enriquecimiento del medio de cultivo con los nutrientes requeridos por estos microorganismos y el control que se ejerce sobre el pH y la temperatura de fermentación (Juliana y Ramos 2007).

Por lo anterior, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de harina de grano de *Canavalia ensiformis* sobre el proceso de fermentación en estado sólido de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Con el fin de obtener un suplemento proteico de bajo costo que mejore el valor nutricional de la caña de azúcar.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de harina de granos de *Canavalia ensiformis* sobre la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar.

2.2 Objetivo específicos

1. Valorar el efecto de diferentes niveles de inclusión de harina de granos de *Canavalia ensiformis* como aditivo en el proceso de fermentación en estado sólido de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en condiciones comerciales sobre los indicadores fermentativos (temperatura de fermentación y pH).
2. Determinar la composición nutricional (componente proteico, fracción fibrosa y la digestibilidad in vitro de la materia seca) de Sacchacanaivalia.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y fecha del estudio

El estudio se realizó en la finca Santa Rosa propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua, ubicada el norte de la comunidad de Sabana Grande, entre las coordenadas geográficas 12° 08' 15" de latitud Norte y 86° 09' 36" latitud Este, a una elevación de 56 m.s.n.m. Las condiciones climáticas corresponden a una zona de vida ecológica de bosque tropical seco, con un rango de precipitación histórico de 1,132.4 mm., Humedad relativa del 72% y una temperatura media anual de 27.3°C (INETER, 2010).

3.2 Descripción del experimento

El periodo de la realización del ensayo estuvo comprendido en el mes de mayo del año 2014.

3.3 Material vegetativo utilizado

3.3.1 Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

La materia prima utilizada en el experimento consistió en tallos de la caña de azúcar obtenido de una parcela de la finca Santa Rosa con una edad comprendida de 10 meses.

El material fue desprovisto de cogollo y hojas el cual se fraccionó en una picadora estacionaria, para obtener un material con tamaño de partícula 2-3 cm.

3.3.2 Canavalia (*Canavalia ensiformis*)

Los granos de Canavalia fueron obtenidos de un distribuidor comercial, el material para uniformar el grado de humedad fue secado al sol hasta que este alcanzó los 13-14% de humedad. Una vez obtenido un grano seco y limpio se procedió a la molienda hasta obtener una harina fina, posterior se dejó ventilar para que esta alcanzara una temperatura adecuada.

3.4 Obtención de Saccharina mejorada (Sacchacanavalia).

El material picado se extendió sobre plástico negro (calibre 1000) colocado sobre una superficie plana, distribuyendo el material en capa de 5-6 cm. Se aplicó sobre el material picado sales minerales y urea, sulfato de amonio, melaza y harina de grano de *Canavalia ensiformis*, y semolina, distribuyendo los materiales de manera uniforme sobre el material picado. Inmediatamente se mezcló todo el material y se extendió nuevamente en una capa de 5-6 cm, y dejando reposar por espacio de 36 h, mezclando el material cada 4 h. para mejorar el proceso fermentativo.

3.5 Descripción de los tratamientos

El experimento consistió en cuatro tratamientos distribuidos.

- **Tratamiento 1:** Caña de azúcar picada (tallo limpio sin hojas ni cogollo)
- **Tratamiento 2:** Caña de azúcar picada+ urea + sulfato de amonio + sal mineral + semolina + melaza + 5% de harina de grano de Canavalia
- **Tratamiento 3:** Caña de azúcar picada+ urea + sulfato de amonio + sal mineral + semolina + melaza + 7.5% de harina de grano de Canavalia
- **Tratamiento 4:** Caña de azúcar picada+ urea + sulfato de amonio + sal mineral + semolina + melaza + 10% de harina de grano de Canavalia



Figura 1. Distribución de los tratamientos en estudio

3.6 Manejo del experimento

Los tratamientos se ubicaron en la galera experimental de la finca Santa Rosa, la cual cuenta con condiciones para realizar el experimento (techo, piso de concreto, ventilación, entre otras).

Cada repetición por tratamiento consistió en porciones de material equivalentes a 22 lb, teniendo tres repeticiones por cada tratamiento. Cada repetición era removida cada cuadro horas para homogenizar la fermentación del material, esto se realizó por un periodo de 36 h, a su vez antes de remover el material se registró lecturas de temperatura de fermentación, temperatura ambiental y pH, obteniéndose 9 lecturas.

Al inicio de ensayo se tomó una muestra de 200 gr por cada repetición de cada uno de los tratamientos, que fueron enviadas al laboratorio en bolsas de papel kraft debidamente identificadas para su posterior análisis químico. Una vez alcanzadas las 36 h de fermentación del material se tomaron nuevamente muestras de 200g por repetición de cada tratamiento, las cuales fueron depositadas en bolsas de papel kraft y nuevamente enviadas al laboratorio para su respectivo análisis químico, determinando materia seca, fibra detergente neutro, proteína bruta y digestibilidad in vitro de la materia seca.

3.7 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento.

A los datos se les realizó análisis de varianza (ANDEVA) para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variable estudiadas usando el Modelo Lineal General (GLM) por el procedimiento del Software Minitab statistical Versión 16.2.4.4 (Minitab®, 2013). Cuando existieron diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos se utilizó el procedimiento de comparación de medias del procedimiento de Tukey.

El modelo aditivo lineal (MAL) usado fue:

$$Y_{ij}: \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : representa la j-esima observaciones del i-ésimo tratamiento

μ : representa la media poblacional

T_i : efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} : representa el error aleatorio

3.8 Variables evaluadas

A. Indicadores fermentativos (a nivel de campo):

Para comparar los indicadores fermentativos de los tratamientos la caña de azúcar fue transformada a sacharina rústica para evaluar su proceso de fermentación en estado sólido.

- Temperatura de fermentación
- pH

B. Composición química (laboratorio)

- Materia Seca
- Proteína Bruta
- Fibra detergente neutro (FDN)

C. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS).

3.8.1. Descripción de las variables:

3.8.1.1. Temperatura de fermentación y pH se hizo uso para su lectura un pHmetro portátil (Ph56 MARTINI 0,01pH[®]), el cual permite medir tanto el valor de pH de la muestra como su temperatura. Para una correcta lectura se introdujo el electrodo a una profundidad de 2-3 cm dentro de cada repetición (Anexos 2).

3.8.1.2. Temperatura ambiente (°C) se determinó a través de un medidor de humedad y temperatura “Chaney (ACUARITE[®]), el cual fue colocado entre los tratamientos, a 5 cm del nivel del suelo (Anexos 3).

3.8.1.3. El contenido de MS, cenizas, PB, FDN de cada una de las muestras se calculó siguiendo los procedimientos descritos por AOAC (1990) según se describen a continuación:

Las muestras fueron secadas y molidas y almacenadas en recipientes de vidrios para posteriores análisis químicos (Ver anexos Figura N 3). La MS y cenizas fueron analizadas según el procedimiento de la AOAC (1990). La concentración de nitrógeno total fue determinado utilizando el método de Kjeldahl (AOAC, 1984) y la concentración de Proteína Bruta fue calculada mediante la siguiente fórmula: $PB = \% \text{ de nitrógeno total} * 6.25$ (Ver anexos Figura N 4). Los contenidos de Fibra Neutro Detergente (FND) fueron analizados según lo descrito por Van Soest *et al.* (1991) utilizando sulfito de sodio

3.8.1.4. Digestibilidad In vitro de la Materia Seca: Para determinar la digestibilidad in vitro se procedió a moler cada una de las muestras secas, posteriormente se tomó el peso de un crisol y al cual se le agregó una muestra de 1 gr, a esta muestra se le adicióno 50 ml de solución (formada de 20 ml de líquido ruminal más 1000 ml de solución buffer), posteriormente fueron colocadas las muestras en baño maría a una temperatura de 38°C durante 96 h, posteriormente las muestras fueron filtradas y secadas a 100°C durante 24 h, para su posterior pesaje

Una vez obtenido los valores de se calculó el coeficiente de digestibilidad por medio de la siguiente formula:

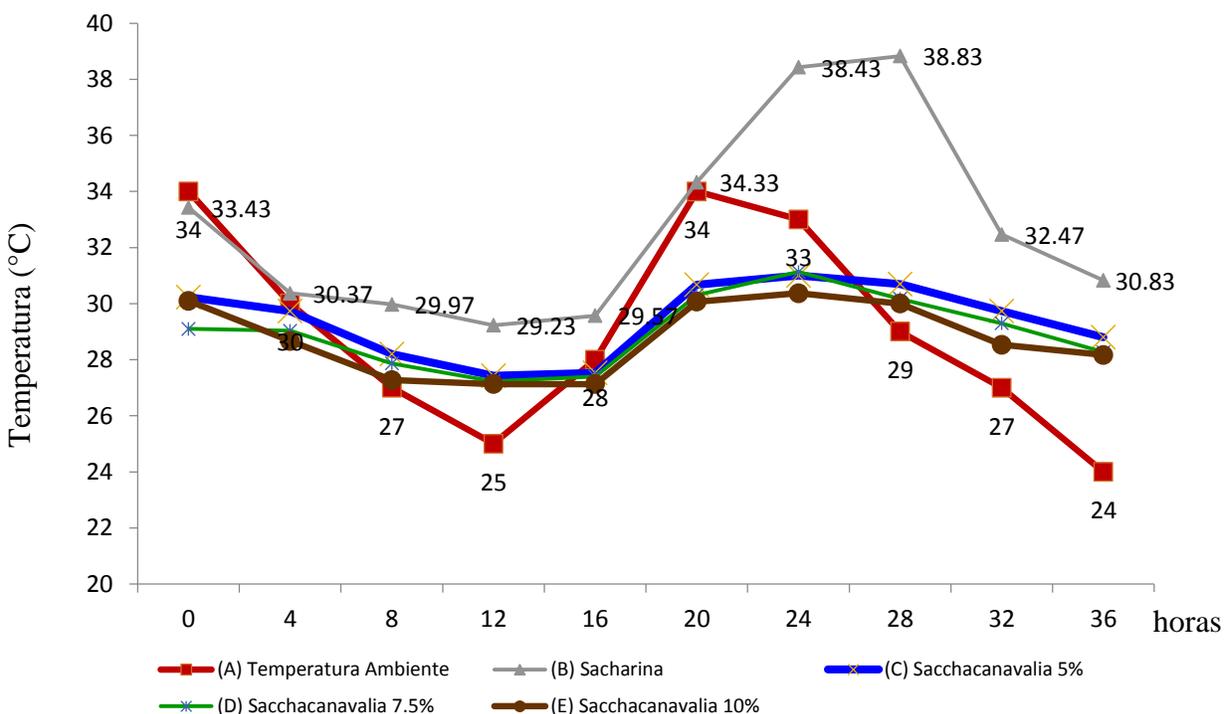
$$\% \text{ de Digestibilidad In vitro} = \frac{\text{Peso seco de la muestra (g)} - \text{Pérdidade peso de la muestra (g)}}{\text{Peso seco de la muestra}} \times 100$$

IV RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Indicadores fermentativos

4.1.1. Temperatura de fermentación

En la gráfica 1 se observa el efecto de la temperatura ambiental (A) sobre la temperatura de fermentación de Saccharina (B), Saccharina + canavalia con 5% (C), Saccharina + canavalia 7.5% (D) y Saccharina + canavalia 10% (E) de inclusión. Durante las 36 h de fermentación en que se evaluaron las diferentes Saccharinas se pudo observar que saccharina rústica presentó las mayores variaciones de temperatura fermentativa, en cambio a las saccharinas con diferentes niveles de inclusión de harina de granos de canavalia, manifestaron un comportamiento similar entre ellas, independientemente de las variaciones de la temperatura ambiental lo que demuestra que la adición de harina de grano de canavalia ayudó a estabilizar los procesos fermentación en estado sólido de la caña de azúcar.



Grafica 1. Comportamiento de la temperatura de fermentación de los tratamientos

Diferentes autores Kreger-van Rij (1984), Uribe (2007), Bautista *et al.* (2013); señalan la importancia de los rangos óptimos de temperatura para el desarrollo de los microorganismos que actúan en la FES para mejorar el porcentaje nutritivo del alimento.

Respecto a las variaciones de temperatura durante el día, se observa que la temperatura fermentativa de Saccharina rústica presentó más variaciones respecto a las temperaturas fermentativas de los tratamientos con sacchacanavalia. Sin embargo, cabe señalar que las temperaturas para el buen desarrollo de los microorganismos involucrados en el proceso de fermentación en estado sólido se mueven en un rango promedio de los 32°C, temperaturas fermentativas que se alcanzaron en la FES de la saccharina rústica.

En cambio la FES de los tratamientos de sacchacanavalia mantuvieron temperaturas inferiores a los 32°C, lo que lleva deducir que la adición de harina de grano de canavalia tiene un efecto estabilizador de la temperatura de fermentación debido a la liberación de grandes cantidades de amoníaco no aprovechado en su totalidad por la actividad microbiana, disminuyendo la temperatura de fermentación.

Según Pastrana (1996), citado por Moyano (2014), es frecuente que como consecuencia de la actividad metabólica de los microorganismos, se produzca una elevación de la temperatura. Este incremento térmico afecta directamente al crecimiento, germinación de las esporas y/o formación del producto.

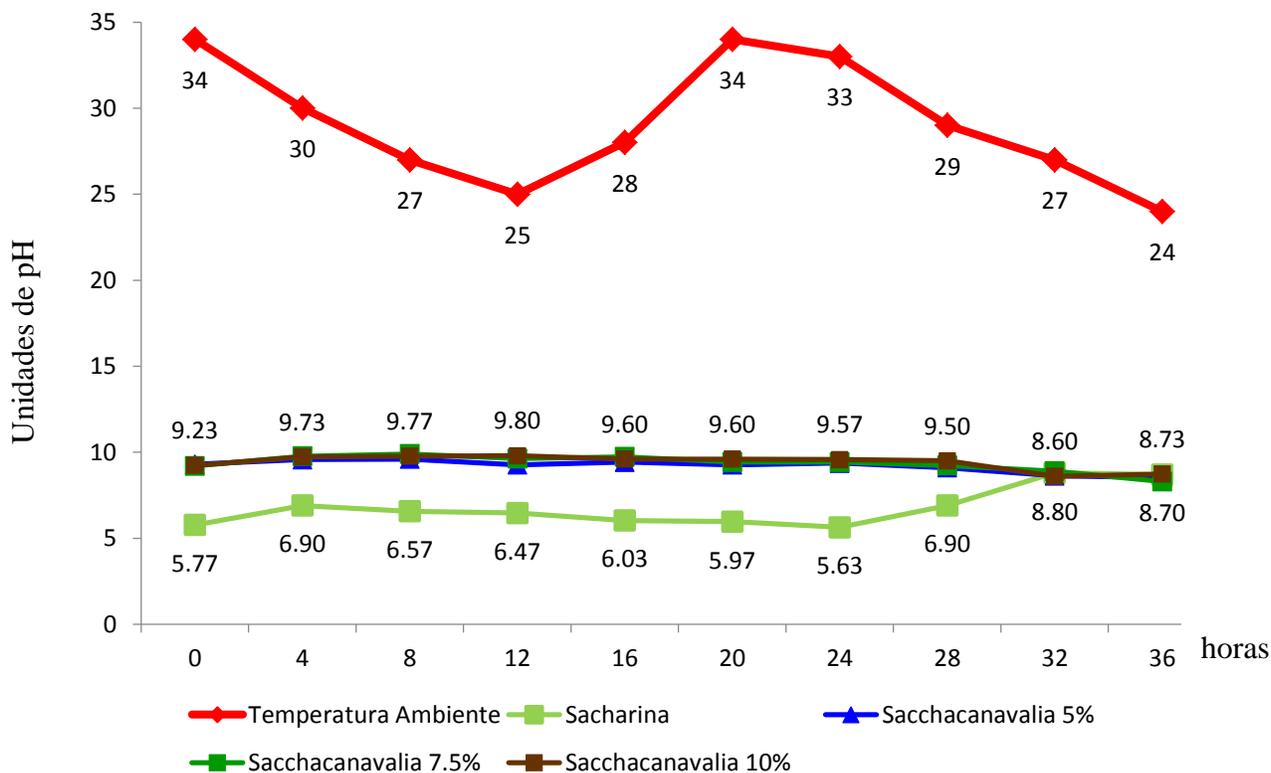
Estudios realizados por Kreger-van Rij (1984) con cultivos puros encontró que para cada tipo de microorganismo existe una temperatura óptima, sin embargo en los cultivos mixtos resulta más difícil encontrarla y mantenerla. Según Pandey *et al.* (2001), citado por Castillo *et al.*, (2008) y Mitchell *et al.* (2002), citado por Ramos *et al.*, (2006), mencionan que parte del agua producida durante la oxidación de las moléculas pudiera evaporarse por el calor metabólico que se genera durante el proceso de fermentación en estado sólido.

Según Gutiérrez, (1995), citado por Bautista *et al.* (2013), los valores óptimos de temperatura en los procesos de FES, se encuentran en el rango de entre 20 °C y 40 °C en dependencia del microorganismo utilizado y como temperatura máxima para no afectar el crecimiento, 50°C, a esta temperatura se corre el riesgo de que los microorganismos se vuelvan lentos e ineficientes, por lo que es la mejor opción mantener una temperatura cercana a 32 °C.

La temperatura en el desarrollo de un proceso biológico es tal que podría determinar efectos tan importantes como la desnaturalización de la proteína, la inhibición enzimática, la promoción o la inhibición en la producción de un metabolito en particular y la muerte de la célula (Díaz, 2006).

4.1.2. pH de la fermentación sólida de Sacchacanavalia

En el gráfico 2, se observa el comportamiento del pH de la saccharina con inclusión de harina de granos de canavalia las que mantuvieron un pH en rangos de 9.23 a 9.80, posterior a las 24 h manifestó un leve descenso del pH de 0.63, sin embargo no cambio su condición de pH básico. Al comparar el pH de la Saccharina rústica durante las primeras 24 h manifestó pH inferiores a 7, este comportamiento del pH de los tratamientos de sacchacanavalia pudiera relacionarse con la presencia de ureasa en la harina de granos de canavalia que ejerció un efecto estabilizador del pH.



Grafica 2. Comportamiento del pH durante el proceso fermentativo de Sacchacavalia

En trabajos realizados por Sundaram y Laidler (1970), encontraron que la presencia de ureasa por introducción de grano molido de canavalia provocó una abrupta producción de amoníaco por hidrólisis de urea provocando un incremento del pH por encima de 8.4. Al respecto Elías *et al.* (2009), mencionan que en la FES con inclusión de granos molidos de canavalia el pH sobrepasó valores de 8, comportamiento muy similar al encontrado en el presente estudio.

De acuerdo a Elías *et al.* (2009), en los procesos de FES de la caña de azúcar se establecen especies de bacterias que hidrolizan la urea y liberan NH₃ al medio, que es el responsable, en gran medida, del aumento del pH en el producto.

4.2 Composición química de Caña de azúcar y Sacchacavalia

En el cuadro 1. Se puede observar la composición química de la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar a diferentes niveles de inclusión (5%, 7.5%, 10%) de harina de granos de *Canavalia ensiformis*. Los valores de materia seca inicial (M.S_i%) muestran diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos, encontrando que los tratamientos que se les adicionó *Canavalia ensiformis* presentaron los contenidos más altos de MS al inicio del ensayo respecto a la caña de azúcar picada (T1), en cambio para la MS final no se encontraron diferencias ($p > 0.05$) al final del periodo fermentativo.

De acuerdo a Díaz (2000), el incremento en el contenido de MS, con la inclusión de harina de granos de canavalia, pudiera relacionarse con el valor de MS (86-91%) de la harina de canavalia. Sin embargo el proceso fermentativo que sufre la caña de azúcar y la sachacanavalia provoca que los valores de MS posterior a las 36 h de fermentación sean similares.

Respecto a Proteína bruta (PB), se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$), obteniendo el mayor valor para el T4 (12.6%) y el más bajo para el T1 (2.2%), sin embargo no existieron diferencia entre el T2 y T3 (10.1 y 10.5 respectivamente).

Valdivié y Elías (2006), refieren un incremento en la PB con la inclusión de canavalia con respecto al tratamiento control. Este incremento pudiera relacionarse con el aporte en proteína incorporado por el grano de canavalia, el cual contiene de 26 a 32 % de proteína ya que el nivel de urea añadido fue el mismo para todos los tratamientos. Comportamiento similar fue observado en el presente estudio.

Por otra parte los contenidos de fibra detergente neutra (FDN), manifestaron diferencias significativas ($p < 0.005$), donde el T4 (10% de inclusión de harina de granos de canavalia) exhibe los valores más alto de FDN (42.5%), en cambio los valores más bajos se obtuvieron en el T2 (5% de inclusión de harina de granos de canavalia), Sin embargo los contenidos de FDN de la caña de azúcar picada no difirió con ninguno de los tratamientos.

Elías y Lezcano (1994), mencionan que la inclusión de canavalia provoca disgregación significativa ($P < 0.001$) de los componentes fibrosos (FDN, celulosa, hemicelulosa y lignina). Esta reducción del componente fibroso, se debe a la inclusión del grano molido de canavalia, que posee menor contenido fibroso que el sustrato sustituido, aunque también se conoce que durante el proceso de fermentación hay mayor fraccionamiento de la fibra Durand *et al.* (1987), citado por Elías *et al.*, (2009), pero este efecto es menor.

En el presente estudio la tendencia de la FDN no corresponde a lo planteado por Elías y Lezcano (1994), donde la FDN se incrementó a medida que los niveles de inclusión fueron mayores, este comportamiento puede estar influenciado a la calidad del sustrato utilizado (edad de la caña y tiempo desde la cosecha del grano de canavalia).

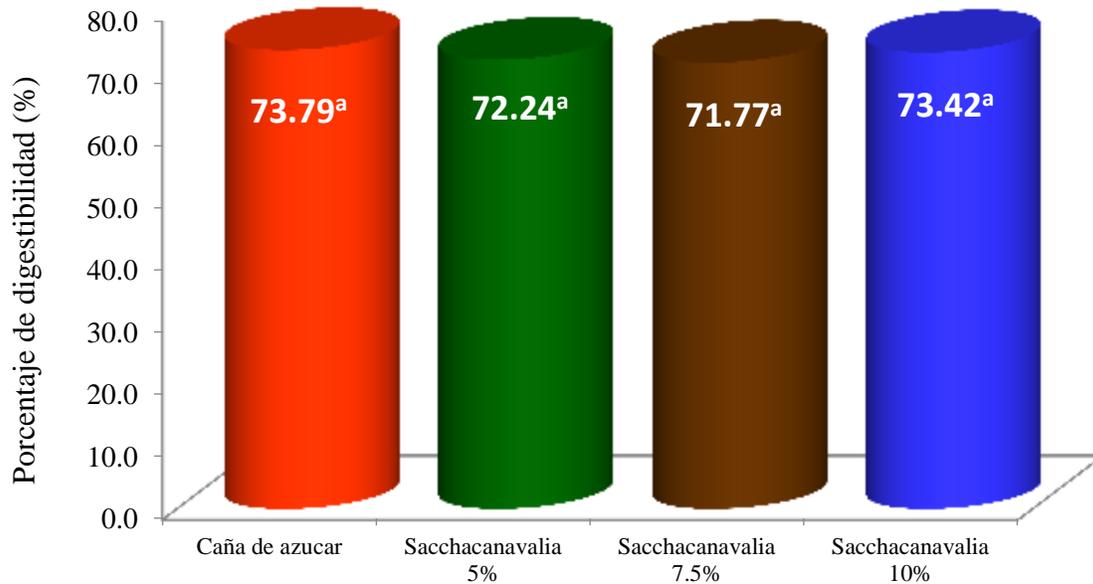
Cuadro 1. Composición química de los tratamientos en estudio

Nutrientes	T1 ¹	T2 ²	T3 ³	T4 ⁴	Error Estándar	Significancia
MS inicial (%)	36.9 ^b	40.4 ^a	41.4 ^a	42.0 ^a	0.4389	**
MS final (%)	89.4 ^a	88.2 ^a	88.6 ^a	88.4 ^a	0.3867	NS
PB (%)	2.2 ^c	10.1 ^b	10.5 ^b	12.6 ^a	0.3529	**
FDN (%)	39.2 ^{ab}	36.2 ^b	41.1 ^{ab}	42.5 ^a	1.284	*

¹Caña de azúcar ²Sachacanavalia (5%) ³Sachacanavalia (7.5%) ⁴Sachacanavalia (10%)

Fuente: Laboratorio de bromatología, Facultad de Ciencia Animal (UNA), 2014.

4.3. Digestibilidad *In vitro* de la materia seca de los tratamientos



Grafica 3. Digestibilidad *In vitro* de la materia seca de caña de azúcar y Sacchacanaivalia a diferentes niveles de inclusión de harina de grano de canavalia

En la gráfica 3. Se puede observar la digestibilidad de la caña de azúcar y Sacchacanaivalia a diferentes niveles de inclusión de harina de grano de canavalia (5%, 7.5%, 10%), observándose que no existieron diferencias ($p > 0.005$) entre los tratamientos en estudio.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) que reportan Elías y Lezcano (1994) al incluir grano molido de canavalia fue de 74.81% valores muy similares fueron encontrados en el presente estudio.

Valdez y Leng (1975), plantean que la digestibilidad de la caña de azúcar está relacionada directamente con su composición morfológica. Mientras más porcentaje de tallo tiene una variedad mayor es su digestibilidad. Al respecto Muñoz y González (1998) concluyeron que, debido a la presencia de carbohidratos solubles, la digestibilidad de la MS de la caña de azúcar es mayor que la de los pastos tropicales.

Montpellier y Preston (1977), encontraron valores de DIVMS de la caña de azúcar de 71.3%.

Así mismo Aranda y Lozada (1980). Mencionan que el contenido de proteína en la caña de azúcar varía de acuerdo a su composición, siendo menor para el tallo (0.59%), intermedia para la caña integral (1.44%) y mayor para el cogollo (3.86%), siendo ésta una limitación nutricional de la caña de azúcar. Estos valores reportados son similares a los encontrados en el presente estudio.

Aunque la digestibilidad *in vitro* de todos los tratamientos en estudio fue similar, La adición de harina de grano de canavalia mejora el valor nutritivo en relación a la proteína respecto a utilizar solamente caña de azúcar.

V. CONCLUSIONES

- La fermentación en estado sólido de la saccharina se vio estabilizada por la adición de harina de grano de canavalia a diferentes niveles de inclusión, sin embargo la ureasa presente en la harina de grano molido de canavalia provoca una abrupta producción de amoníaco por hidrólisis de urea provocando un incremento del pH y disminuyendo la temperatura de fermentación.
- La adición de harina de grano de canavalia mejora el contenido de PB de la caña de azúcar fermentada en estado sólido, pero a su vez incrementa el contenido de FDN, los cambios en el contenido de MS después de 36 hrs no varió entre los tratamientos de Sacchacanavalia y la caña de azúcar.
- La digestibilidad *in vitro* de la MS de la caña de azúcar con y sin adición de harina de grano de canavalia no mostró diferencias entre los tratamientos en estudio, sin embargo la adición de la harina de grano de canavalia mejora el valor nutricional.

VI. LITERATURA CITADA

- AOAC. 1984. Official methods of analysis. Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Washington, D.C., US. 1213p.
- Aranda, I. E., & Losada, C. H. (1980). Efecto de la edad de diferentes secciones de la caña de azúcar sobre la composición química, digestibilidad y valor nutritivo. Informe Anual del Departamento de Nutrición. Lázaro Cárdenas, Tabasco, México, 67-82.
- Bautista, F.E.; Castillo, C.Y.; Sánchez, C.O.A., 2013, fermentación en estado sólido (FES) de subproductos agroindustriales como alternativa para obtener alimento animal, Universidad autónoma de ciudad Juárez, Juárez. MX, Primer congreso internacional de agromerca, [En línea] consultado el 15 de Abr 2015, disponible en: <http://sirio.uacj.mx/difusion/publicaciones/Documents/Octubre%202013/Memorias%20Agromercaok.pdf>
- Castillo, C. Y.; Ruiz, A. O.B.; Elías, C. Arzola, M. Rodríguez, J.A. Ortega, N.H. García, C. Angulo y O. La O 2008. Comportamiento fermentativo y microbiológico de una fermentación en estado sólido (FES) de bagazo de manzana. xxxvi Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal. [En Línea] Monterrey MX, consultado el 15 de Abr 2015, disponible en: <http://www.uacj.mx/DGDCDC/SP/Documents/Documents/Octubre%202013/Memorias%20Agromercaok.pdf>
- Díaz, P.D. 2006. Producción de proteína microbiana a partir de manzana de desechos adicionada con urea y pasta de soya Universidad autónoma de chihuahua facultad de zootecnia, [En línea], Chihuahua MX, consultado el 14 de Abr 2015, disponible en: <http://eprints.uach.mx/83/1/ZOO-TP-00016.pdf>
- Díaz, M.F. 2000. Producción y caracterización de leguminosas temporales para la alimentación animal. [En línea], Tesis de Doctor. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, CU, consultado el 09 de jun 2015, disponible en: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=4302
- Elías, A y Lezcano, O., 1994. Efecto de los niveles de inclusión harina de maíz sobre la fermentación de la caña de azúcar, [En línea].consultado el 04 de Marz 2015 Rev. Cubana Cienc. Agric. 28:319, disponible en : <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193017708008.pdf>

- Elías, A.; Aguilera, Lien; Rodríguez, Y.; Herrera, F.R., 2009, Inclusión de niveles de harina de granos de *Canavalia ensiformis* en la fermentación de la caña de azúcar en estado sólido (Sacchacanavalia) [En línea], Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 43, núm. 1, pp. 51-54 Instituto de Ciencia Animal La Habana, CU, consultado el 13 Abr 2015 disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015398009>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2013. Programa de la FAO: Ganadería,. Consultado 5 Sep. 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/gender/gender-home/gender-programme/gender-livestock/es/>
- INETER. 2010. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Estación Meteorológica del Aeropuerto Internacional Augusto Cesar Sandino, INETER, Managua, NI.
- Julián, R.M.C; Ramos S.LB, 2007 Fermentación en estado sólido, producción de alimento animal, [En línea], vol. XXVII, No.3, Camagüey HN, consultado 10 jun 2014, disponible en: <http://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fojs.uo.edu.cu%2Findex.php%2Ftq%2Farticle%2Fdownload%2F2435%2F1966&ei=i65XVKTxFoSlgwTQ0IPQCO&usg=AFQjCN GzdRn8DwngeJSLCtsE3LPInyd2ew&bvm=bv.78677474,d.eXY>
- Kreger-van Rij, N.F.W. 1984. Journal of basic Microbiology, The yeast taxonomic study. 3rd dynamics of sugarcane (*Sacharum officinarum*) and sweet potato (*Ipomea batata Lam*) mixtures, La Habana CU, J. Agric. Sci. 40:161, volume 25, consultado el 09 de jun 2015, disponible en [:http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jobm.3620250815/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jobm.3620250815/abstract)
- Marengo, M.M.P; Reynosa, R.L.E, , 2001, influencia de tres densidades de siembra, sobre la producción de biomasa y proteína bruta del frijol de vaca (*canavalia ensiformis L*) (Tesis) Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua NI, [En línea], consultado el 01 oct 2014, disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01m324.pdf>
- Minitab Version 16.2.4.4. 2013. Statistical software. User's guide 1: Data, graphics, and Macros. USA.US
- Montpellier, P.A.; Preston, T.R. 1977. Digestibilidad de punta, corteza, tallo descortezado y caña de azúcar integral. Prod. Anim. Trop. 2:40, consultado el 01 de Jul 2015, disponible en: http://agris.fao.org/agris-search/search.do?request_locale=es&recordID=DO19780239754&sourceQuery=&query=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=¢erString=&enableField=

- Moyano, B.M.A, 2014, fermentación estado sólido (FES) de la papa (*solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal, [En línea], Universidad Nacional Abierta y A distancia (UNAD), Tujann Albania, consultado 10 jul 2014, disponible en: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2545/1/2014-06.pdf>
- Muñoz, E. & González, R. 1998. Caña de azúcar integral para estimular el consumo a voluntad de alimentos voluminosos en vacas. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 32:33, consultado el 01 de Jul 2015, disponible en: http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:dMNY9upgzlMJ:scholar.google.com/+Ca%C3%B1a+de+az%C3%BAcar+integral+para+estimular+el+consumo+a+voluntad+de+alimentos+voluminosos+en+vacas.+Rev.+Cubana+Cienc.+Agr%C3%ADc.+32:33&hl=es&as_sdt=0,5
- Pastrana, L. 1996. Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, CU, [en línea], consultado el 20 oct 2014. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72410301>
- Ramos, J.A., Elías, A., Herrera, F. 2006, Procesos para la producción de un alimento energético - proteico para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar, *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* [En línea]. Fecha de consulta: 22 de jun. 2015, Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193017708008.pdf>
- Sumdaram, P.V. y Laidler, K.J. 1970. The urease-catalyzed hydrolysis of substituted ureas esters of carbamic acid, [En línea]. Consultado el 06 de Mar 2015, *Can. J. Biochem.* 48:1132. Disponible en: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/o70-177>
- Torres M.J.A. 2013, alternativas para la alimentación en bovinos con base en caña de azúcar, Trabajo presentado al XIX congreso de técnicos azucareros de centro América, CR, [En línea], pag: 1-17, consultado 20 oct 2014, disponible en: www.google.com.ni/?gws_rd=ssl#q=alternativas+para+la+alimentación+en+bovino+s+con+base+en+caña+de+azúcar%2C+
- Uribe, G.L.A. 2007, Caracterización fisiológica de levadura aisladas de la filosfera de mora, [En línea], Pontificia universidad javeriana facultad de ciencias microbiología industrial, Bogotá, D.C, CO, consultado el 09 de jun 2015, disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/8298/1/tesis276.pdf>
- Valdivié, M.; Elías, A. 2006. Posibilidades del grano de *Canavalia ensiformis* fermentado con caña (*Sacchacavalia*) en pollos de ceba. [En línea], *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 40, núm. 4, pp. 459-464 Instituto de Ciencia Animal La Habana CU, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017672010>

- Valdez, R.E. & Leng, R.A. 1975. Digestión in vivo de la fibra de la caña de azúcar. Primera reunión anual del Centro Dominicano de investigación pecuaria con caña de azúcar del C.E.A. División Ganadería y Boyada (CEAGANA). Santo Domingo. Prod. Anim. Trop. 1:52
- Van Soest, P.J., Robertson J.B. and Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral-detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 4, 3583–3597.
- Vivas, N.J; Carvajal, J. 2004, Saccharina rustica una aplicación biotecnológica para la alimentación animal (revista), Habana CU, [en línea], vol2 No.1, consultado el 23 de oct de 2014, disponible en:
http://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCQQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.unicauca.edu.co%2Fbiotecnologia%2Fediciones%2Fvol2%2FArt25.pdf&ei=qTtJVKWrOs66ggSHuoHYBQ&usg=AFQjCNGbkySOUnE_1G-xqWgE6nJqbIx_6Q&bvm=bv.77880786,d.eXY

ANEXOS

Anexo 1. Resultados análisis bromatológicos

Muestra	% MS	% PC	% FND	% DIVMS
C.Z #1	88.76	2.26	37.74	74.26
C.Z#2	89.76	2.23	41.46	72.3
C.Z#3	89.79	2.11	38.48	74.82
S.C. T1	87.62	9.52	38.91	72.64
S.C. T1	88.07	11.34	37.77	73.66
S.C. T1	88.95	10.63	31.90	70.41
S.C.T2	88.38	10.03	41.15	70.1
S.C.T2	88.48	9.94	41.85	73.27
S.C.T2	88.80	10.22	40.31	71.94
S.C.T3	88.58	13.48	42.64	76.82
S.C.T3	89.22	12.13	41.37	71.57
S.C.T3	87.32	12.08	43.51	71.88

MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, FND: Fibra neutra detergente,

DIVMS: Digestibilidad in vitro de materia seca.

Universidad Nacional Agraria (UNA), Laboratorio de Bromatología, Facultad de Ciencia Animal (FACA)

Anexo 2. Temperatura de fermentación y Ph (Ph56 MARTINI 0,01pH[®])



Anexo 3. Toma de la temperatura ambiente (TA), Chaney (ACUARITE®).



Anexo 4. RECOLECCION DE DATOS

Efecto de inclusión de harina de grano de *canavalia ensiformis* en la fermentación de la caña de azúcar en estado sólido.

(Sacchacanavalia)

Sacchacanavalia _____

	Tiempos de fermentación									
	Inicial	4 h	8 h	12 h	16 h	20 h	24 h	28 h	32 h	36 h
T° ambiente (°C)										
Humedad relativa (%)										
T° de fermentación (°C)										
Repetición 1										
Repetición 2										
Repetición 3										
Ph										
Repetición 1										
Repetición 2										
Repetición 3										

Anexo 5. Muestra inicial del material antes de pasar por el proceso de fermentación

Muestra inicial					
Peso fresco			Peso seco		
Caña de azúcar (C.Z)	P. bolsa (gr)	P.muestra (gr)	Caña de azúcar (C.Z)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)
Caña de azúcar 1	23	246	Caña de azúcar 1	23	90.1
Caña de azúcar 2	24	254	Caña de azúcar 2	24	91.1
Caña de azúcar 3	23	250	Caña de azúcar 3	23	95.4
Tratamiento (T1)	P. bolsa (gr)	P.muestra (gr)	Tratamiento (T1)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)
Repetición 1	23	250	Repetición 1	23	99.8
Repetición 2	24	254	Repetición 2	24	104.6
Repetición 3	23	256	Repetición 3	23	102.4
Tratamiento (T2)	P. bolsa (gr)	P.muestra (gr)	Tratamiento (T2)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)
Repetición 1	24	254	Repetición 1	24	103.7
Repetición 2	24	260	Repetición 2	24	108.9
Repetición 3	24	257	Repetición 3	24	107
Tratamiento (T3)	P. bolsa (gr)	P.muestra (gr)	Tratamiento (T3)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)
Repetición 1	24	255	Repetición 1	24	108
Repetición 2	24	256	Repetición 2	24	107.6
Repetición 3	24	256	Repetición 3	24	106.5

Anexo 6. Muestra final pasada las 36 hrs del proceso de fermentación

Muestra final					
Peso fresco			Peso seco		
Tratamiento (T1)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)	Tratamiento (T1)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)
Repetición 1	24	257	Repetición 1	24	110.4
Repetición 2	24	258	Repetición 2	24	108.7
Repetición 3	24	253	Repetición 3	24	110.5
Tratamiento (T2)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)	Tratamiento (T2)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)
Repetición 1	24	258	Repetición 1	24	119.6
Repetición 2	24	254	Repetición 2	24	114.5
Repetición 3	24	258	Repetición 3	24	114
Tratamiento (T3)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)	Tratamiento (T3)	P.bolsa (gr)	P.muestra (gr)
Repetición 1	24	254	Repetición 1	24	111.5
Repetición 2	24	254	Repetición 2	24	124.5
Repetición 3	24	258	Repetición 3	24	110.2