



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
**DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INTEGRALES DE
PRODUCCION ANIMAL**

Trabajo de Graduación

**Degradación de harina de granos de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) con
y sin tratamiento térmico**

Autores

Br: Abner Gadiel Adams Castro

Br: Karen Amayrani Ruiz Álvarez

Asesores

PhD. Nadir Reyes Sánchez

Ing. Wendell Mejía Tinoco

Managua, Nicaragua

Diciembre 2015

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 EN ZOOTECNIA

MIEMBROS DEL TRIBUNAL:

Lic. Rosario Rodríguez Pérez

Presidente

Ing. Marcos Jiménez Campos

Secretario

Ing. Jannin Hernández Blandón

Vocal

AUTORES

Abner Gadiel Adams Castro

Karen Amayrani Ruiz Álvarez

Managua, Diciembre 2015

INDICE DE CONTENIDO

SECCION	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRAFICAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y METODOS	3
3.1 Ubicación y fecha de estudio	4
3.2 Animales y alimentación	4
3.3 Diseño metodológico	5
Preparación de las muestras de alimentos a incubar	5
3.5 Análisis químico	7
3.6.1 Degradación Ruminal de Materia Seca (DRMS)	7
3.6.2 Degradación Ruminal de Materia Orgánica (DRMO)	7
3.6.3. Degradación Ruminal de la Proteína Bruta (DRPB)	8
3.7 Diseño experimental y Análisis de datos	8
Degradación ruminal de la Materia Orgánica (DRMO)	13
Degradación Ruminal de la Proteína Bruta (DRPB)	14
V. CONCLUSIONES	17
VI. RECOMENDACIONES	18
VII. LITERATURA CITADA	19
VII. ANEXOS	23

DEDICATORIA

A. Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres Otilio Ruiz y Eveling Álvarez por ser el pilar más importante y por demostrarme su cariño y su apoyo incondicional siempre.

A mi hermana Madeling por estar conmigo y apoyarme siempre, te quiero mucho.

A mis abuelos que me apoyaron con sus palabras que fueron de motivación para culminar mi carrera.

A Josué Rocha por su asesoría quien me ayudo en mi tesis desde el inicio hasta el final gracias por tu apoyo incondicional.

A Ricky Ruiz y a su familia la cual de una u otra manera me apoyaron en mis estudios para así lograr mis metas.

A mi amigo y compañero de tesis Abner Gadiel Adams Castro por su confianza, cariño y su amistad incondicional en los buenos y malos momentos.

A mis maestros que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

A mis amigos Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Greyving Antonio Blandino Guido y Jader Aníbal Pineda Blandón, los quiero mucho.

Karen Amayrani Ruiz Álvarez.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primeramente a **Dios** porque gracias a él es que estoy culminando esta etapa de mi vida, por ser quien me ha iluminado y me ha dado la sabiduría necesaria durante toda la carrera.

A mis padres **Victorino Adams Ríos y Magda Corina Castro**, quienes son los pilares fundamentales de mi formación como persona, porque me han dado su amor incondicional y me han apoyado durante toda mi vida. Por ayudarme de manera infinita a cumplir con mis sueños y metas. Sin ustedes esto no fuera posible. Los quiero.

A mis hermanas **Leslie y Karen** quienes también me han dado su apoyo y me han alentado a seguir adelante y alas que quiero mucho.

A mi abuelita **Maria Blandón** quien ha jugado un papel importante en mi vida y que quiero mucho

A la familia **Cantarero Castro** quienes durante gran parte de la carrera me dieron de su apoyo incondicional, y los que les estaré siempre agradecido.

A **Brenda Fonseca** por su apoyo, cariño, y por darme ánimos a lo largo de la realización de este trabajo, a mi compañera de tesis **Karen Ruiz** por haber confiado en mí para la realización de este trabajo, a mis amigos **Jader, Greyving, Darielka y Mary Jarquín** quienes siempre permanecieron pendiente y alentándonos a seguir con el trabajo, a todos ustedes los se les aprecia mucho.

A todos los profesores que dieron su aporte profesional a lo largo de la carrera.

Abner Gadiel Adams Castro

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos culminar con nuestro estudio, por prestarnos la vida, darnos sabiduría, entendimiento, paciencia y a si cumplir metas y sueños propuestos.

A la Universidad Nacional Agraria por darnos la oportunidad de formarnos en ella, a todos los docentes de la Facultad de Ciencia Animal por darnos las herramientas por formarnos profesionalmente.

A Ing.: Josué Rocha quien dio su apoyo incondicional y constante en la realización de nuestro estudio desde el inicio hasta el final, a la Lic. Damaris Mendieta una persona muy carismática, paciente quien nos ayudó a realizar nuestros análisis de laboratorio.

A nuestros asesores Dr. Nadir Reyes Sánchez e Ing. Wendell Mejía, por habernos permitido la realización de este trabajo bajo su asesoramiento y brindarnos sus conocimientos profesionales y a todas esas personas que de alguna u otra manera colaboraron con nosotros durante esta etapa.

Karen Amayrani Ruiz Álvarez.

Abner Gadiel Adams Castro.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Instalaciones donde permaneció la vaca durante el periodo de ensayo Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal.	4
2. Tostado del grano de canavalia.	5
3. Dispositivo con muestra de canavalia antes de incubar.	5
4. Bolsas de Nylon con muestras de canavalia para ser incubadas.	6
5. Bolsas de Nylon después después de incubar.	6

INDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. Composición nutricional de la harina de granos de <i>Canavalia ensiformis</i> con y sin tratamiento térmico.	10
2. Degradación ruminal de la Materia Seca (DRMS) en harinas de granos de <i>Canavalia (Canavalia ensiformis)</i> con y sin tratamiento térmico.	12
1. Degradación ruminal de la Materia orgánica (DRMO) en harinas de granos de <i>Canavalia (Canavalia ensiformis)</i> con y sin tratamiento térmico.	14
4. Degradación Ruminal de la proteína bruta (DRPB) en harinas de granos de <i>Canavalia (Canavalia ensiformis)</i> con y sin tratamiento.	15

ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICA	PÁGINA
1. Curva y ecuación de degradación in situ de la MS de las harinas de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico	11
2. Curva y ecuación de degradación in situ de la MO de la harina de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico.	13
3. Curva y ecuación de degradación in situ de la PB de la Harina de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico.	15

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la tasa de degradación ruminal de la harina de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico. Se utilizó una vaca fistulada criolla Reyna con un peso corporal de 380 kg y 11 años de edad; Los tiempos de incubación evaluados fueron 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 horas utilizándose un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con 3 repeticiones por tratamiento, donde se consideró el tiempo como factor A y los tratamientos como factor B. La degradabilidad de las harinas de granos de Canavalia se estimó mediante el modelo de Orskov y McDonald (1979); para conocer el efecto del tratamiento térmico sobre la tasa de degradabilidad, se realizó análisis de varianza y la prueba honesta de Tukey para conocer las diferencias entre los tiempos de incubación. En los resultados de la degradación ruminal, se observó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para las variables de DRMS con 70.67% y 80.4% y DRMO con 71.02% y 80.44%. Mientras que no se encontró diferencia significativa ($p > 0.01$) para la DRPB de 74.47% y 90.65% a las 72 h de incubación respectivamente. Estos resultados sugieren que las harinas de granos de canavalia ensiformis tanto con y sin tratamiento térmico son de fácil degradación en el rumen, tanto para la MS, MO como para la PB, y que representan una alternativa de alimentación sostenible para la ganadería en el trópico.

Palabras claves: *canavalia ensiformis*, degradación, *In sacco*, térmico.

ABSTRACT

With the aim to determinate the rate of ruminal degradation of the seed of *Canavalia ensiformis* with and without thermic treatment; was used a cow creole Reyna with an body weight of 380 kg and 11 years old. The times of incubation evaluated were 3, 9, 12, 24, 48, 72 hours using a completely randomized design with a two-factor factorial treatment structure with tree replicates, were considerate the time like a factor A and treatments like a factor B. the degradability was estimate by model Ørskov and McDonald (1979). Variance analysis and Tukey's honest significant difference were performed to know the effect of thermic treatment over the rate of degradation. The results show a highly significate difference ($p < 0.01$) for DMRD with 70.67% and 80.4% and OMRD with 71.02 % y 80.44 %, while doesn't find significate difference ($p > 0.01$) for BPRD was 74.47 % and 90.65 % at 72 hours of incubation. These results suggest of grains of *Canavalia ensiformis* with and without thermic treatment are easy degradation into the rumen therefore DM, OM, like BP, and are an sustainable alimentation alternative for tropical livestock.

I. INTRODUCCION

En Nicaragua los sistemas de alimentación de rumiantes están basados principalmente en la utilización de pastos y forrajes (Reyes, 2014). No obstante, la producción de pastos en general no es suficiente para satisfacer los requerimientos de los animales durante todo el año y principalmente en época seca.

La búsqueda de nuevas fuentes de alimento con alto contenido de nitrógeno y energía, destinadas a los animales de granja, es un reto para los productores y especialistas, sobre todo si se quieren lograr a partir de producciones agrícolas sostenibles económica y ecológicamente. Son varias las vías y alternativas para la solución de este problema, una de las más adecuadas es la producción y utilización de los granos de leguminosas.

Los granos de leguminosas se caracterizan por su alto contenido de proteína, energía, vitaminas y minerales. No obstante, la digestibilidad y utilización de la proteína es un proceso complejo, que depende de la estructura específica de la proteína para manifestar resistencia a la acción de las enzimas proteolíticas (Chau y Cheung 1997), de los compuestos antinutricionales como los inhibidores de proteasas, las lectinas, los taninos y los fitatos, (D' Mello 1995, Bressani 2000 y Rubio et al.2002) y del contenido de fibra (Esteban et al. 1998 y Hossain y Becker 2001).

Entre las especies promisorias de leguminosas, tenemos la *Canavalia ensiformis*, capaz de producir de 3 a 6 t/ha de granos (Díaz et al. 1998 y Díaz 2000), con alto contenido de proteína bruta en base seca, que oscila entre 27 y 32% (Kessler et al. 1990; D'Mello and Walker, 1991; Udedibie et al., 1994; Melcion et al., 1994; Arora, 1995) y una energía bruta (EB) de 19.7 MJ/kg (Udedibie et al., 1994). Crece en regiones comprendidas en un rango de precipitación entre los 700 y 4000 mm, y en un amplio rango de suelos, incluyendo los ácidos y de baja fertilidad, y los bajos tropicales, altamente lavados. Por su sistema radicular tolera condiciones de sequía y salinidad de mejor manera que otras leguminosas (Dixon et al, 1983; PROSEA, 1992).

Los granos de esta planta podrían desempeñar un papel importante en la formulación de raciones para los bovinos en determinadas regiones, como sustitutos de otros recursos alimentarios utilizados tradicionalmente, que tienen elevados precios y son de uso competitivo por otras especies de animales de granja, sin embargo su valor nutritivo se puede ver afectado debido a la presencia de sustancias tóxicas o no nutritivas en la semilla (Liener 1989, citado por Muzquiz, M, 1996).

La *Canavalia* al igual que múltiples leguminosas tropicales, contienen un conjunto de diversas sustancias que obstruyen la utilización de sus nutrientes, los factores antinutricionales (FAN), definidos por D'Mello (1995) como compuestos naturales, provenientes principalmente del metabolismo secundario de las plantas, que reducen el consumo de alimento y su utilización por los animales.

Sin embargo, la información acerca de la degradación ruminal de harinas de granos de canavalia con o sin tratamiento térmico es escasa, en ese sentido, el propósito del presente es evaluar la degradación ruminal de la materia seca (MS), la proteína bruta (PB) de harinas de granos C. ensiformis con o sin tratamiento térmico.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Generar información sobre la degradación ruminal y aprovechamiento de los nutrientes del frijol *Canavalia ensiformis* bajo dos tipos de tratamiento.

2.2 Objetivos específicos

Evaluar la tasa de degradación ruminal de la harina de granos con y sin tratamiento térmico de *Canavalia ensiformis* en distintos periodos de permanencia ruminal mediante la técnica In Sacco.

Calcular ecuaciones de predicción de degradación ruminal para las fracciones, materia seca, materia orgánica, proteína bruta, del frijol *Canavalia ensiformis*.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación y fecha de estudio

El estudio se realizó en la finca Santa Rosa, propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en la comarca Sabana Grande, municipio de Managua, localizada geográficamente a 12° 08' 15" latitud norte, 86° 09' 36" longitud este, a 56 msnm, temperatura media anual de 27.3°C y humedad relativa del 72% (INETER, 2012), en el período comprendido entre el mes de Mayo y Julio 2014.

3.2 Animales y alimentación

Se utilizó 1 vaca seca, Raza Reyna, con fistula permanente, con un peso vivo promedio al inicio del ensayo de 380 kg y una edad de 11 años.

La vaca fue alojada en un cubículo individual. La ración que la vaca consumió antes y durante el experimento consistió en 100% de forraje fresco de pasto *Pennisetum purpureum* cv CT-115. La ración diaria se fijó en una cantidad de materia seca (MS) equivalente al 3% del peso vivo según tablas de requerimientos de NRC (1989) y fue sometida a un periodo de 7 días de adaptación a la ración. El forraje fresco fue picado en trozos de 2 cm de longitud usando una picadora eléctrica. El consumo de agua fue a voluntad, el cubículo, el comedero y el bebedero se limpiaban diariamente (Figura 1).



Figura 1. Instalaciones donde permaneció la vaca durante el periodo del ensayo, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal.

3.3 Diseño metodológico

Preparación de las muestras de alimentos a incubar

Los granos del frijol Canavalia fueron seleccionados previo al ensayo para evitar la presencia de materiales o sustancias extrañas (vaina, tallos u hojas), luego se separaron en 2 partes iguales, una de las cuales fue sometida al tratamiento térmico (tostado) de manera artesanal en fogón de leña, durante 30 minutos (figura 2), posteriormente ambas partes fueron molidas en un molino convencional, hasta alcanzar un tamaño de partícula de 2.5 mm.



Figura 2. Tostado del grano de canavalia.

Preparación de las bolsas de nylon e incubación ruminal de las muestras

Se utilizó la técnica de las bolsas de Nylon según la metodología descrita por Ørskov y McDonald (1979). Las bolsas de Nylon PSE 28/17 tenían un tamaño de poros de 28 micras, y un tamaño exterior de 120 x 60 mm e interior de 100 x 50 mm, cosidas con hilo de poliéster y los agujeros de la aguja (los puntos) sellados con pegamento Bostik (1782). Las bolsas fueron amarradas por unas bandas plásticas al dispositivo. (Figura 3).



Figura 3. Dispositivo con muestra de canavalia antes de incubación.

Con el fin de establecer un control de los materiales a incubar, las bolsas de nylon se enumeraron en orden secuencial, se pesaron individualmente y en cada una de ellas se colocaron 15 gramos de muestra molida. Se estudiaron 7 tiempos de incubación (3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 horas), con 3 bolsas por tiempo de incubación y dos tratamientos (Canavalia molida con o sin tratamiento térmico), para un total de 42 bolsas (Figura 4).



Figura 4. Bolsas de Nylon con muestras de canavalia para ser incubadas.

Transcurrido el tiempo de incubación respectivo para cada tratamiento (Harina de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico), se retiraron las respectivas bolsas y se lavaron con abundante agua potable a temperatura ambiente durante 5 minutos con el objetivo de detener el proceso de fermentación y eliminar cualquier rastro de saliva, liquido ruminal o material extraño. Luego del lavado, las bolsas extraídas del rumen fueron secadas en un horno eléctrico de circulación forzada de aire a una temperatura de 60 °C por 24 hrs. Finalmente, el residuo de muestra de cada bolsa se pesaba individualmente y se colocaba en un frasco de vidrio debidamente etiquetado, para posteriores análisis químicos.



Figura 5. Bolsas de nylon después de incubar.

3.5 Análisis químico

Para calcular el contenido de Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO) y Proteína Bruta (PB) se siguió las normas establecidas por la AOAC (1990). Para el cálculo de contenido de MS se tomó un gramo aproximadamente de canavalia molida y se secó en un horno de circulación forzada por 24 horas a 60 °C, transcurrido este tiempo se colocó en un desecador y se pesó.

$$MS = \text{Peso del crisol} + \text{muestra final} / \text{Peso del crisol} + \text{muestra inicial} * 100$$

Para calcular el contenido de MO se pesó un gramo aproximadamente de muestra se utilizó un crisol y se calcinó durante 3 horas a 550-60 °C transcurrido este tiempo se enfriaron las muestras en desecador y pesaron para determinar el porcentaje de MO.

$$MO = MS - \% \text{ cenizas}$$

$$\% \text{ de Cen} = \text{Peso del crisol} + \text{cenizas} - \text{peso del crisol vacío} \times 100$$

Para el cálculo del contenido de PB se realizó por el método de Kjendahl (AOAC, 1984) resultado del nitrógeno presente en la muestra y luego se calculó multiplicándolo por la constante 6.25.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Degradación Ruminal de Materia Seca (DRMS)

Para determinar la degradación ruminal de materia seca se estimó el contenido inicial de materia seca de las harinas de granos de canavalia así como el contenido de materia seca de las muestras una vez incubadas, empleándose la siguiente formula.

$$DMS = \text{Contenido de Materia Seca Inicial (MS)} - \text{Contenido de Materia Seca Final} / \text{Contenido de Materia Seca Inicial} * 100$$

3.6.2 Degradación Ruminal de Materia Orgánica (DRMO)

La degradación ruminal de la materia orgánica se calculó como la diferencia entre el contenido de materia orgánica de las muestras antes de la incubación y el contenido de materia orgánica de las muestras una vez incubadas empleando la siguiente formula.

$$DMO = \text{Contenido de Materia Orgánica Inicial (MO)} - \text{Contenido de Materia Orgánica Final} / \text{Contenido de Materia Orgánica Inicial} * 100$$

3.6.3. Degradación Ruminal de la Proteína Bruta (DRPB)

La degradación ruminal de la proteína bruta se calculó como la diferencia entre el contenido de proteína bruta inicial de las muestras antes de la incubación ruminal y el contenido de proteína bruta final de las muestras una vez incubadas entre proteína bruta inicial por cien.

DPB= Contenido de proteína bruta inicial (PB) – proteína bruta final /contenido de Proteína bruta inicial x 100

3.7 Diseño experimental y Análisis de datos

El ensayo fue planeado como un experimento factorial completamente al azar donde se consideró al tiempo como factor A y los tratamientos como Factor B

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + (T_i + \beta_j) + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

μ = media poblacional.

T_i = el i ésimo tiempo de incubación.

β_j = la j ésimo tratamiento

$(T_i + \beta_j)$ = interacción tiempo y tratamiento.

ϵ_{ijk} = error experimental

La degradabilidad de las variables DMS, DMO y DPB se estimaran usando el modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1979):

$$y = a + b * (1 - \exp(-c * \text{tiempo}))$$

Dónde:

y = degradación del material después de t horas, %

a = fracción soluble, %

b = fracción degradable, %

e = base de los logaritmos neperianos

c = tasa de degradación por hora

t = tiempo de incubación ruminal en hora.

El ajuste de las curvas de degradabilidad se realizó por medio de modelos no lineales asumiendo que las curvas de degradación de ambas semillas eran iguales. Los coeficientes iniciales del modelo fueron estimados por prueba y error; después del ajuste de los modelos se realizó análisis de residuales para detectar heterocedasticidad y no normalidad y pruebas conexas tales como las pruebas de Fligner y Shapiro.

Para conocer el efecto del tiempo sobre la tasa de degradabilidad se realizó análisis de varianza, después del ajuste del modelo se siguió el mismo procedimiento que para los modelos no lineales. Para el caso del ajuste en los modelos de la degradabilidad de MS (modelos no lineales) se utilizó una matriz robusta de varianza-covarianza (estimador sándwich) y los datos fueron transformados por el método Box-Cox (modelos lineales).

Para conocer las diferencias entre los diferentes tiempos de incubación se utilizó la prueba honesta de Tukey. Todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico R (R Development Core Team, 2011)

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Específicamente, en la canavalia se han aislado: concaavalina A, una lectina hemaglutinante, canavanina, un aminoácido libre homólogo de la arginina; canalina, un aminoácido libre homólogo de la ornitina; canatoxina, una proteína tóxica no hemaglutinante; factores antitripsicos, compuestos polifenólicos, alcaloides, saponinas, inmunoproteínas, el enzima ureasa, y ácido fítico. Entre ellos, se han identificado a la Concaavalina A y a la canavanina como los FAN de mayor importancia por lo que se ha estudiado una gran cantidad de procesos de detoxificación (León et al., 1991; Belmar and Morris, 1994^a; Udedibie et al., 1994; Laurena et al., 1994; D’Mello, 1995; Arora, 1995).

Para la utilización de la canavalia como ingrediente para la alimentación animal se han realizado diversas estrategias de desintoxicación: suplementación con aminoácidos, tratamiento en autoclave, autoclave y remojado, autoclave y suplementación con aminoácidos y vitaminas, cocido, remojado y agitado, almacenamiento con urea, entre otros (Dixon et al., 1983; D’Mello et al., 1985; Udedibie, 1993)

Al respecto, Carmona et al. (1993) con relación a los tratamientos utilizados frecuentemente para la desintoxicación señala que las inhibidoras de amilasa son lábiles ante todos los tratamientos, que la concaavalina A fue destruida por el tratamiento térmico y que el tostado fue muy efectivos en la eliminación de inhibidores de tripsina y quimiotripsina.

Los contenidos de MS, MO y PB de la harina de granos de Canavalia con o sin tratamiento térmico se presentan en la Tabla 1.

Tabla 2. Composición nutricional de la harina de granos de *Canavalia ensiformis* con y sin tratamiento térmico

Alimento	MS (%)	MO (%)	PB (%)
Harinas de grano de canavalia sin tratamiento térmico	90.28	88.23	28.36
Harinas de grano de canavalia con tratamiento térmico	91.43	87.19	28.40

En la tabla 1, podemos observar que el tratamiento no tiene ningún efecto sobre los contenidos de MS, MO y PB de las harinas de granos de canavalia. Esto se debe a que el beneficio de tostar el grano se refleja en una disminución de ciertos factores anti nutricionales, que permite que los animales hagan un uso más eficiente de algunos de los nutrientes disponibles en el grano (Lon Wo *et al.*, 2002)

Los contenidos de MS y PB obtenidos en este estudio para harinas de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico están en el rango de 87.8-94.3% y 20.6-31.75%, reportados por otros autores (Lon-Wo et al., 2002; León, 1989; Kessler et al. 1990; D’Mello and Walker, 1991; Melcion et al., 1994; Michelangeli et al., 2004; González 2004; O La O., et al 2006)) para MS y PB, respectivamente.

El alto contenido de proteína bruta (28%) es una de las características más sobresalientes de de harinas de granos de la Canavalia, y los valores alcanzados en este estudio se corresponden con la naturaleza proteica que se le atribuye a esta fuente de alimento.

Degradación Ruminal de la Materia Seca

En la gráfica 1, se observa la curva y la ecuación de degradación ruminal de la materia seca (DRMS) y en la Tabla 2 los valores de DRMS según tiempo de incubación de las harinas de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico. Se encontró diferencia altamente significativa ($P < 0.001$) del efecto del tratamiento térmico de las harinas de granos de canavalia sobre la DRMS.

La DRMS se incrementó con el tiempo de incubación ($P < 0.001$), obteniéndose valores máximos de degradación potencial de 80.4% y 70.67% para harinas de granos sin tratamiento y con tratamiento de canavalia a las 72 horas de incubación ruminal (Figura 1 y Tabla 2)

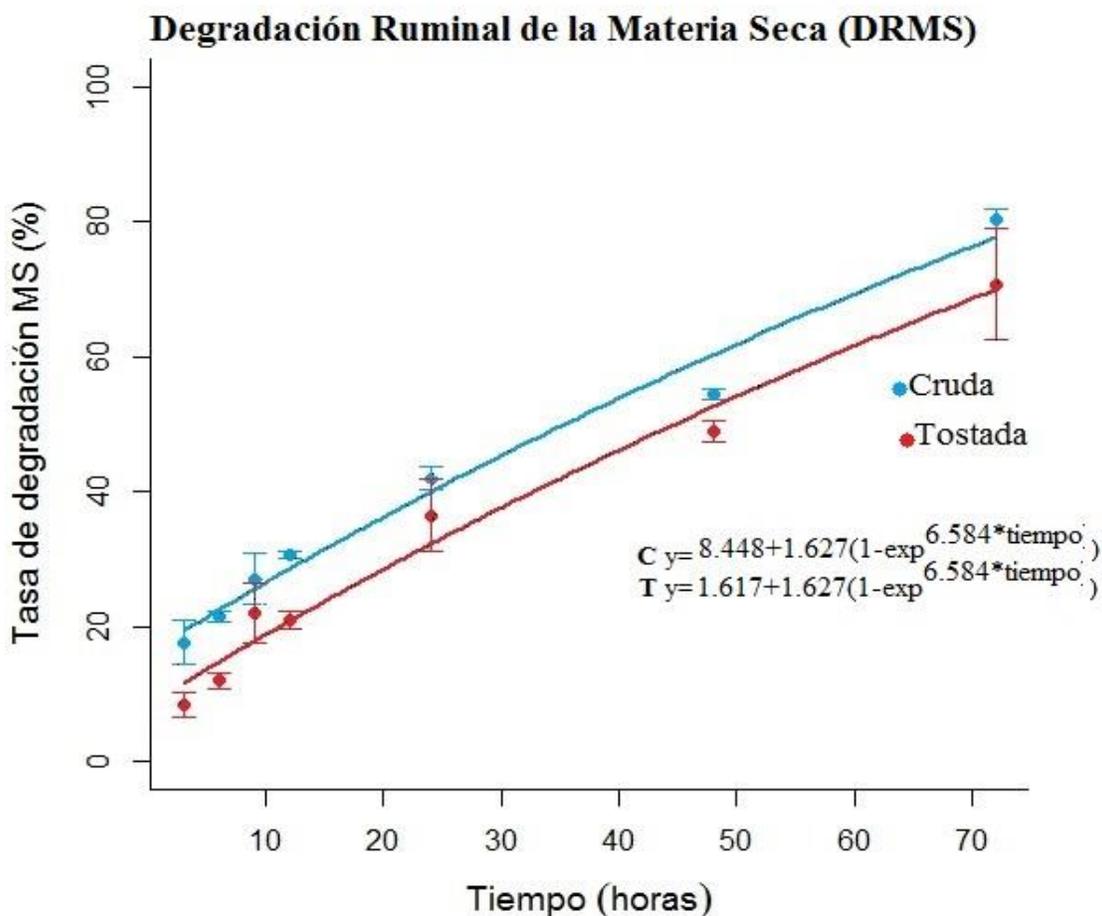


Gráfico 4. Curva y ecuación de degradación in situ de la MS de las harinas de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico

La DRMS de las harinas de granos de canavalia, con y sin tratamiento térmico, incrementan en la medida en que se incrementa el tiempo de incubación desde las 3 horas (8.55 y 17.67%), hasta las 72 horas con valores de 80.4 y 70.67 respectivamente (Tabla 2). Esto implica que la MS de las harinas de granos de canavalia con y sin tratamiento térmico fue altamente degradada, lo que sugiere que la mayoría de los componentes fueron de fácil degradación en el rumen, especialmente cuando se incuban en forma de partículas con tamaño de 2.5 mm.

No obstante, es importante destacar, que hay una diferencia estadística altamente significativa de la DRMS entre las harinas de granos de canavalia con y sin tratamiento térmico, presentando los mayores valores de DRMS los granos sin tratamiento de canavalia desde las 3 horas (17.67%) hasta las 72 horas de incubación (80.4%), cuando comparados con los granos de canavalia con tratamiento (Tabla 2).

La DRMS para harinas de granos de canavalia con y sin tratamiento térmico, obtenidos en el presente estudio, están dentro del rango reportado por O La O, et al. 2006, a las 48 horas de incubación con 65.42 y 87.92% para constantes de velocidad de recambio ruminal de 0.02 y 0.08, respectivamente.

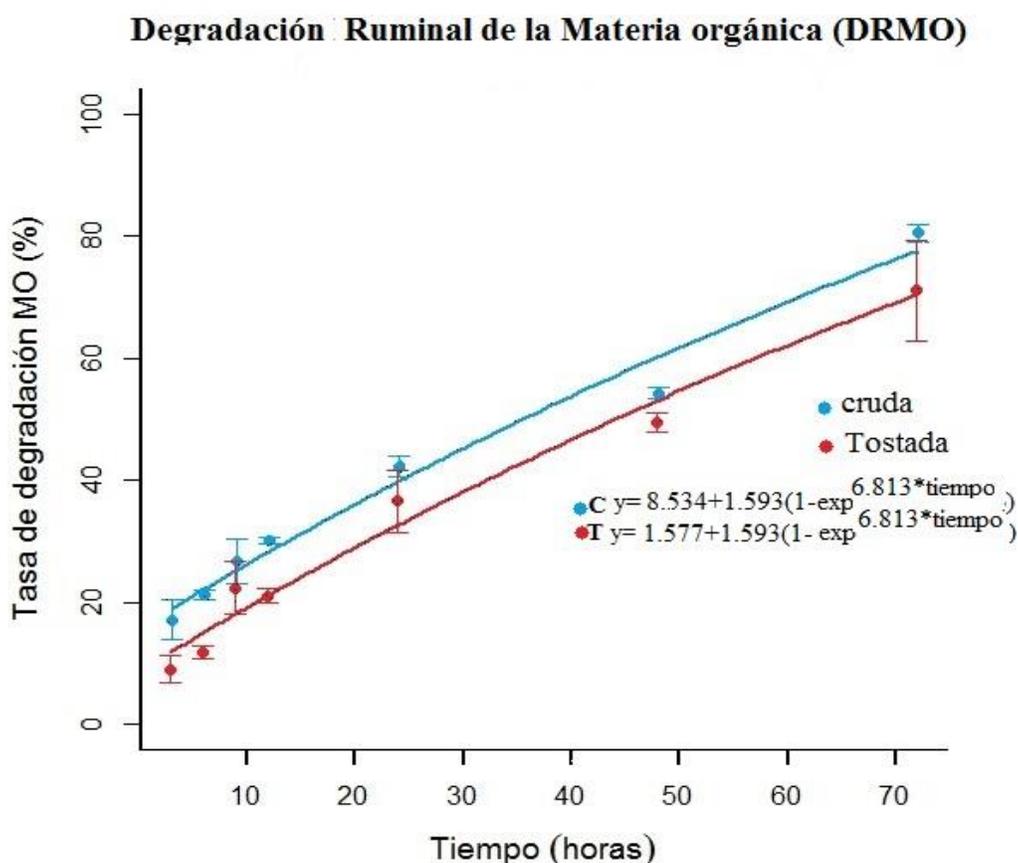
Tabla 3. Degradación Ruminal de la Materia Seca (DRMS) en harinas de granos de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) con y sin tratamiento térmico.

Tratamientos	Tiempo de incubación (h)						
	3	6	9	12	24	48	72
Harina de granos de canavalia sin tratamiento	8.55	11.99	21.97	20.94	36.5	48.99	70.67
Harina de granos de canavalia con tratamiento	11.67	21.41	27.1	30.68	41.95	54.39	80.4

Los valores máximos de DRMS a las 48 h para harinas de granos de canavalia con y sin tratamiento térmico (Tabla 2) son menores a los valores encontrados por González, R. 2004, para granos crudos de canavalia con un 98.92% a las 36 h de incubación. Estas diferencias pueden deberse a diferentes aspectos que pueden afectar la degradación, tales como diferencias en el sustrato, en el pH y temperatura del rumen y el tipo de dieta base suministradas a los animales fistulados, que juegan un papel importante en la actividad microbiana a nivel del rumen (Galindo et al. 2005).

Degradación ruminal de la Materia Orgánica (DRMO)

En la gráfica 2, se observa la curva y la ecuación de degradación ruminal de la materia orgánica (DMO) y en la Tabla 3 los valores de DRMO según tiempo de incubación de las harinas de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico. La DRMO de las harinas de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico mostró un comportamiento similar a la DRMS, encontrando diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) del efecto del tratamiento sobre la DRMO.



Gráfica 5. Curva y ecuación de degradación in situ de la MO de la harina de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico

La DRMO se incrementó con el tiempo de incubación ($P < 0.001$), obteniéndose valores máximos de degradación potencial de 80.44% y 71.02% para harinas de granos con y sin tratamiento térmico de canavalia a las 72 horas de incubación ruminal (Figura 2 y Tabla 3)

Tabla 4. Degradación Ruminal de la Materia Orgánica (DRMO) en harinas de granos de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) con y sin tratamiento térmico.

Tratamientos	Tiempo de incubación (h)						
	3	6	9	12	24	48	72
Harina de granos de canavalia sin tratamiento	9.04	11.95	22.38	21.09	36.58	49.48	71.02
Harina de granos de canavalia con tratamiento	11.17	21.24	26.66	30.2	41.25	54.22	80.44

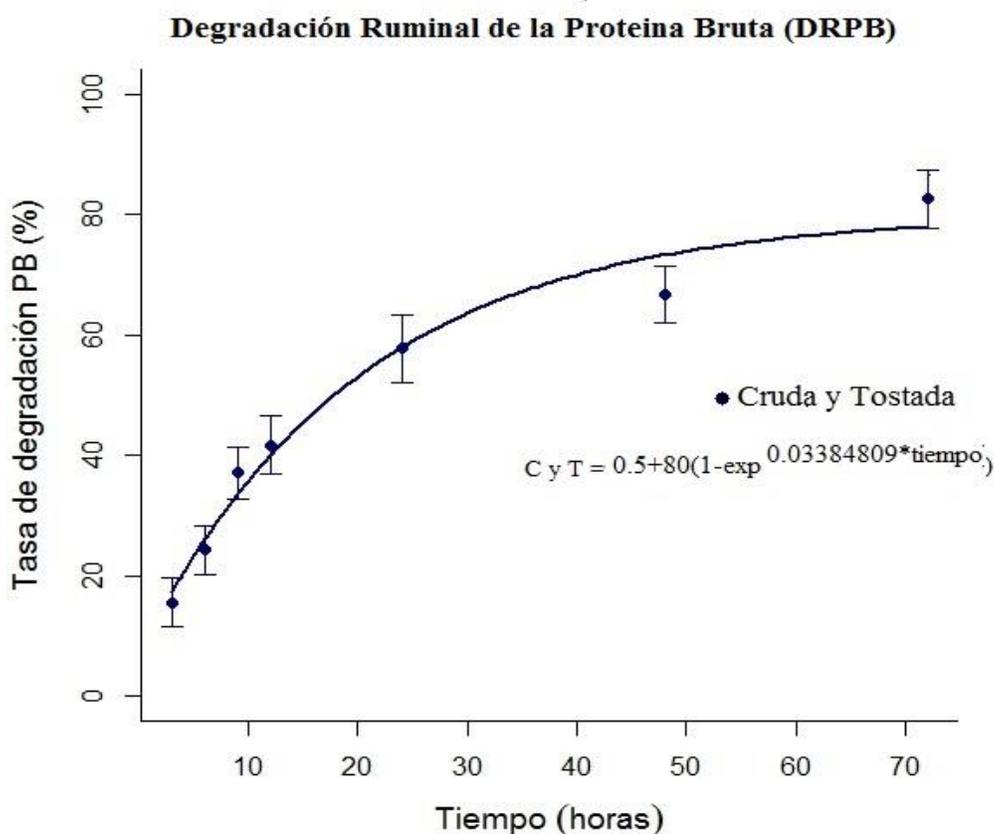
Según Prinyawiwatkul et al. 1996, las harinas de granos de canavalia contienen hasta 58 % de carbohidratos totales, especialmente en forma de almidones, de modo que, los máximos de degradación potencial de 80.44% y 71.02% para harinas de granos con y sin tratamiento térmico encontrados en este estudio, pueden explicarse debido a la alta degradabilidad de este carbohidrato soluble a nivel del rumen, constituyéndose en una fuente de energía importante, tanto para los microorganismos como para el animal hospedero.

Degradación Ruminal de la Proteína Bruta (DRPB)

Por lo que representan estas plantas como suplemento en la alimentación animal, el nitrógeno total es uno de los indicadores de mayor importancia por los contenidos relativamente elevados que muestra.

En la Grafica 3, se observa la curva y la ecuación de DRPB y en la Tabla 2 los valores de DRMS según tiempo de incubación de las harinas de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico.

No se encontró diferencia significativa ($P > 0.001$) del efecto del tratamiento térmico de las harinas de grano de canavalia sobre la degradación ruminal de la proteína bruta.



Gráfica 6. Curva y ecuación de degradación in situ de la PB de la harina de granos de Canavalia con y sin tratamiento térmico.

Los valores máximos de DRPB a las 72 h de incubación ruminal fue de 90.65% y 74.47% para granos con y sin tratamiento térmico respectivamente (Figura 3 y tabla 4)

La DRPB de la harina de granos de canavalia sin tratamiento obtenida en el presente trabajo a las 48 horas de incubación es menor a la reportada por González, R. 2004, de 98.77% a las 36 h de incubación.

Tabla 4. Degradación Ruminal de la Proteína Bruta (DRPB) en harinas de granos de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) con y sin tratamiento.

Tratamientos	Tiempo de incubación (h)						
	3	6	9	12	24	48	72
Harina de granos de canavalia sin tratamiento	9.05	15.45	34.54	31.65	48.47	56.29	74.47
Harina de granos de canavalia con tratamiento	22.07	33.07	39.7	51.7	66.95	77.29	90.65

Es importante destacar que la tasa y la magnitud de la degradación ruminal de la PB están influenciadas por su solubilidad, la que a su vez, está determinada en gran medida, por la relación entre la fracción soluble e insoluble de la proteína (Orskov, 1982).

En tal sentido, el alto valor de la DRPB a las 72 h de incubación ruminal de las harinas de granos de canavalia sin tratamiento (90.65%) observado en este estudio, posiblemente se deba a una estrecha relación con la fracción soluble de la proteína, con relación a la PB total, al respecto, Lucas et al. (1988) señala que los granos de canavalia presentan aproximadamente 25 % del nitrógeno total en forma de nitrógeno no proteico.

Por otra parte, Yunes et al. (1998) reportan que en la canavalia el 50 % de las proteínas de reserva son de la fracción globulina, las que presentan una alta solubilidad y degradabilidad en el rumen (Wadhwa et al. 1993).

Además de la naturaleza de la fuente de alimento, la degradabilidad de las proteínas en el rumen depende, entre otros factores, de la velocidad de recambio del contenido de este órgano, ya que a mayores tasas de recambio en el rumen, la degradación disminuye, como consecuencia de un menor tiempo de exposición de los mismos a la acción de los microorganismos ruminales.

No obstante, según Ørskov 1982, la degradación ruminal de la PB de la canavalia, independientemente de las diferencias obtenidas para las constantes de recambio ruminal, es relativamente alta con respecto a otras fuentes proteicas convencionales informadas por otros autores. Por su parte, Mora et al. (1986) concluyeron que los compuestos nitrogenados presentes en los granos de canavalia son de fácil degradación en el rumen.

Los resultados de este trabajo sugieren que las harinas de granos con y sin tratamiento térmico de canavalia son de fácil degradación en el rumen, tanto para la MS, MO como para la PB. No obstante, el tostado no tuvo ningún efecto significativo sobre la Degradabilidad ruminal de la MS, MO y PB, encontrando incluso mayor Degradabilidad en las harinas de granos de canavalia sin tratamiento.

Lon Wo *et al* (2002), señalaron que para el tostado de los granos es de importancia utilizar equipo de calidad así mismo que se debe atender con mucho cuidado el control de la temperatura, presión y humedad durante el proceso de tostado, ya que el tratamiento calórico que necesitan las fuentes proteicas vegetales para destruir los FANs termolábiles presentes puede afectar, a la vez, la disponibilidad de aminoácidos y su digestibilidad.

Quizás la respuesta a esa incongruencia que se obtuvo en este trabajo pueda explicarse por el tipo de procesamiento artesanal que se empleó para el tostado. Esto indica que en los equipos destinados para procesar el alimento animal, debe atenderse, con especial cuidado, el control de la temperatura y el tiempo de tostado.

V. CONCLUSIONES

Las harinas de granos con y sin tratamiento térmico de canavalia son de fácil degradación en el rumen, presentando valores de degradabilidad ruminal de la MS de 80.4 y 70.67, de la MO de 80.44% y 71.02% y de la PB de 90.65% y 74.47%, para granos con y sin tratamiento térmico de canavalia, respectivamente, a las 72 horas de incubación ruminal

No se encontró ningún efecto significativo del tostado del grano de canavalia sobre la degradabilidad ruminal de la MS, MO y PB, encontrando mayor degradabilidad ruminal de la MS y MO en los granos crudos de canavalia, a las 72 horas de incubación, sin embargo para PB no fueron estadísticamente diferentes.

Los resultados de este trabajo sugieren que las harinas de granos con y sin tratamiento térmico de canavalia son de fácil degradación en el rumen, tanto para la MS, MO como para la PB, y que representan una alternativa de alimentación sostenible para la ganadería en el trópico.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar otros estudios de degradación ruminal de *Canavalia ensiformis* utilizando equipo de mejor calidad para el tostado del grano
- Realizar estudios de comportamiento productivo de animales rumiantes y monogástricos alimentados con diferentes niveles de inclusión de harina de granos de canavalia con y sin tratamiento térmico.

VII. LITERATURA CITADA

- AOAC. 1984.** Official methods of analysis of the association of official analytical chemists (14 Ed) Arlington, USA, 1141 p.
- AOAC. 1990.** Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists, 15thed. Washington, D.C., US. 1213p.
- Arora, S.K 1995.** Composition of legume grains. En:Tropical Legumes in Animal Nutrition . Eds JPF D'Mello y C. Devendra. CAB International, walingford, UK. 67pp
- Belmar, R.; Morris, T,R 1994.** Effects of raw and treated Jack beans(canavalia ensiformis) and of canavanine on the short-term feed intake of chicks and pigs. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 123:407-414
- Carmona, A.; Gómez- Sotillo A.; Seidi, D. 1993.** Uso de pruebas bioquímicas para el estudio de problemas nutricionales en Canavalia ensiformis. En: Canavalia ensiformis (L) DC producción. Procesamiento y utilización en alimentación animal. Compilación de trabajos presentados en el primer seminario-taller sobre canavalia ensiformis celebrado en Maraca, Venezuela del 25 al 28 de junio de 1991. Vargas, R.E, León A.Q. ,; Escobar , A.(Eds). Fundación Polar . Venezuela, pp 151-161
- D'Mello J.P.F.;Acamovic,T.;Walker,A.G.1985.**Nutritive values of Jack beans (canavalia ensiformes(L).DC) for young chicks.tropical agriculture(Trinidad) 62: 145-150
- D'Mello, J.P.F.; Walker, A.G. 1991.** Detoxificación of jacks beans (Canavalia ensiformes): studies with young chicks. Animal Feed Science and Technology. 33:117-127
- D'Mello,J.P.F.1995.**under utilized legume grains in nonruminant nutrition.Tropical Legumes in Animal Nutrition.Ed. J.P.F.D. Mello & Devendra,CAB Int. United Kingdom.172 pP
- Dixon,R.M.;Escobar,A.;Montilla,J.;Carabaño,J.;M,Rora, M.;Risso,J.;Parra,R.; and Preston,T.R.1983.**Canavalia ensiformis:A legume for the triopics.In:Recent Advances in Animal Nutrition in Australia.Farell,D.J. and Vhora, P. University of New England Publishing Unit.Armindale.Pp 129-140
- E. R. Ørskov, F D De BHovell.;F Mould. 1980.** The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuff. Tropical Animal Production. 5 (3). (En Línea). Consultado 3 Ago. 2015. Disponible en: http://www.fao.org/ag/AGA/agap/frg/TAP53/53_1.pdf
- Galindo, J., González, N., Marrero.; Aldama, A. I. (2005).** Cinética de la actividad de las celulasas microbianas en el líquido de rumen. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(4), 587-592.

- Gallegos, E. ; Betancourt, D. ; Guerrero, L. 1996.** Caracterización de la harina del grano de la leguminosa canavalia ensiformis sometida a tratamiento térmico alcalino. Simposio Iberoamericano sobre proteínas para alimentos buenos. pp 267-274.
- González. R. 2004.** Degradación ruminal de harinas de granos de dos variedades de canavalia (*Canavalia ensiformis* y *Canavalia gladiata*). Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 38, No. 1, pp 53-56.
- INETER** (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2012. Informe meteorológico. Nicaragua.
- Kessler, M., Belmar, R. and Ellis, N. 1990.** Effects of autoclaving on the nutritive value of the seeds of *Canavalia ensiformis* (jackbean) for chicks. Tropical Agriculture (Trinidad) 67:16-20
- Laguna, J. 2011.** Arboles forrajeros, alternativas proteicas para mejorar la producción y calidad de la leche en bovinos doble propósito, departamento de Matagalpa, Nicaragua, (en línea) Consultado: 18 Sep. 2014. Disponible en: <http://www.farematagalpa.unan.edu.ni/artcientificos/sites/default/files/archivos/Laguna.pdf>.
- Laurena,A.C.;Jamela,MA.A.;Revilleza,H.R.andmendoza,E.M.T.1994.**Polyphenols,phytate,cyanogenic glycosides and trypsin inhibitor activity of several Philippine indigenous food legumes.journal of food composition and analysis.7:194-202
- León, A.M., Caffin, J.P., Plassart, M.; Picard, M.L. 1991.** Effect of concanavalin A from jackbean seed on short-term food intake regulation in chicks and laying hens. Animal Feed Science and Technology 32:279-311
- Leon,A.;Angulo,I.;Picard,M.;Carre,B.;Derouet,L. Harscoat,J.P. 1989.** Proximate and aminoacid composition of seeds of canavalia ensiformis.Toxicity of the kernel fraction for chicks.Annals Zootechnology:38:209-218(Abs).
- Lon-Wo E, Beltrán M, Camps D.M, Rodríguez B, Dieppa O. 2002.** Extrusión, tostado o secado al sol de granos de leguminosas tropicales. Nota técnica Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 36, núm. 2, pp. 149-152, Instituto de Ciencia Animal Cuba
- Lucas, B., Guerrero, L., Sigales, L. & Sotelo, A. 1988.** True protein content and non-protein amino acid and present in legumes seeds. Nutr. Pep. Int. 37:545-552
- Melcion, J.P., Michelangeli .;Picard, M. 1994.** Evaluation of the effect of extrusion cooking of jackbean (*Canavalia ensiformis* L.) seed on short-term feed intake in chicks. Animal Feed Science and Technology, 46:197-213
- Michelangeli C, Pérez G, Méndez A, Sívoli L. 2004.** Efecto del tostado del grano de *Canavalia ensiformis* sobre el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento. Zootecnia Tropical, vol. 22, N° 1, pp 87-101.

- Mora, M., Parra, R. & Escobar, A. 1986.** Canavalia ensiformis. Su utilización en la alimentación de rumiantes. Resultados preliminares. Revista de la Facultad de Agronomía 35:295-299
- Muzquiz M; Burbano C; Cuadrado C; Ayet G; Pedrosa M,M.1996.** Estudio de compuestos no nutricionales en cultivos vegetales (Lupinus Judías y Habas) destinadas a la alimentación. Área de Tecnología de Alimentos, CIT-INIA. Apdo. 8111, 28080-Madrid. Disponible en http://www.researchgate.net/profile/Carmen_Burbano/publication/259080711_Estudio_de_compuestos_no_nutricionales_en_cultivos_vegetales_lupinos_habas_y_judias_destinados_a_la_alimentacin/links/0046352cfc0a7656e2000000.pdf consultado el 29 de sept.2014.
- Ørskov, E.R y McDonald, I. 1979.**The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science 92:499
- Ørskov, E.R. 1982.** Protein nutrition in ruminant. London. Ed. Academic Press. London. p. 57
- Palacios, 1997.** Evaluación del efecto de incluir los granos de leguminosa (Canavalia ensiformis, vigna sinensis y stizolobium deeringianum) en la suplementación concentrada de vacas lecheras. Managua, Nicaragua . Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI 62 p.
- Pizzani P, Vargas R, E, Pérez S, Méndez A, Michelangeli C y Sívoli L. 2006.** Effects of Toasting on True Metabolizable Energy Value and Content of Antinutritional Factors of Canavalia ensiformis (L.) Seed Meals FCV-LUZ / Vol. XVI, N° 5, pp 523 - 530.
- Prinyawiwatkul, M.C., Walters, K. W., Beuchat, C. R. & Phillips, R.D. 1996.** A potencial ingredient in food products. Critical Rev. Food Sci. Nutr. 36:414-421
- Reyes, S, N. 2014.** Revista EL GANADERO (CONAGAN). V congreso nacional ganadero. Edición 36. 52 p.
- Udedibie,A.B.I.;Esonu,B.O.;Oboji,C.N.;Durunna,C.S. 1994.**Dry urea treatment prior to toasting as a method of improving the nutritive value of jack beans (Canavalia ensiformis) for broilers.Anim.Feed sci.Tech. 48:335-343
- Udedibie,A.B.I.1993.** Utilización de granos de canavalia (ensiformis y gladiata) en dietas para aves en Nigeria. En: canavalia ensiformis (L) DC. Producción, procesamiento y utilización en alimentación animal. Compilación de los trabajos presentados en el primer seminario Taller sobre canavalia ensiformis celebrado en Maracay, Venezuela del 25 al 28 de junio de 1991.Vargas,R.E.;Leon,A.Q.y Escobar, A.(Eds). Fundación Polar. Venezuela. pp 229-240

- Vargas, R., Michelangeli, C. 1994.** Utilización de la canavalia ensiformis(L). DC. en dietas para aves y cerdos. Memorias II encuentro regional de nutrición y alimentación de animales monogástricos. La Habana cuba
- Villalobos, C.; González, E.; Ortega, J. 2012.** Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. Técnica Pecuaria en México. 38(2). 119-134 p.
- Wadhwa, M., Makkar, G.S. & Ichhponani, J.S. 1993.** Disappearance of protein supplements and then fraction in sacco. Anim. Feed Sci. Technol. 40:285-292
- Yunes, A.N.A., Andrade, M.T., Sales, M.P., Morais, R.A., Fernández, K. V., Gómez, V.M. and Filho, J.X. 1998.** Legume seed vicilins (7S storage protein) interference with development of the cowpea weevil (*Callosobredhs malacatus*). J. Sci. Food Agric. 76:12-18

VII. ANEXOS

Anexo 1

Tabla 1. Degradación de la Materia Seca (DMS) Tostada

Parámetro	EstimateStd.	Error	t value	Pr(> t)
A	1.617e+01	2.218e+00	7.289	1e-08***
B	1.627e+02	1.016e+02	1.601	0.117664
C	6.584e-03	5.282e-03	1.247	0.220203

Tabla 2. Degradación de la Materia Seca (DMS) Cruda

Parámetro	EstimateStd.	Error	t value	pr(> t)
A	8.448e+00	2.218e+00	3.808	0.000497***
B	1.627e+02	1.016e+02	1.601	0.117664
C	6.584e-03	5.282e-03	1.247	0.220203

Tabla 3. Degradación de la Materia Orgánica (DMO) Tostada

Parámetro	EstimateStd.	Error	t value	p(> t)
A	1.577e+01	2.203e+00	7.157	1.51e-08 ***
B	1.593e+02	9.404e+01	1.694	0.09848
C	6.813e-03	5.213e-03	1.307	0.19908

Tabla 4. Degradación de la Materia Orgánica (DMO) Cruda

Parámetro	EstimateStd.	Error	t value	p(> t)
A	8.534e+01	2.203e+00	3.873	0.00041***
B	1.593e+02	9.404e+01	1.694	0.09848
C	6.813e-03	5.213e-03	1.307	0.19908

Tabla 5. Degradación de la Proteína Bruta (DPB) Tostada Y Cruda

Parámetro	Estimate	Std. Error	t value	p(> t)
A	7.18735	6.07113	1.184	0.243635
B	72.67214	5.91230	12.292	5.46e-15***
C	0.04989	0.01338	3.728	0.000612***

Anexo 2

Tabla 6. Porcentaje de degradación de la Materia Seca de la harina de granos de canavalia y tiempos de incubación ruminal

Tratamiento y Porcentaje de Degradación		
Tiempo en horas	Cruda	Tostada
3	17.67%	8.55%
6	21.41%	11.99%
9	27.1 %	21.97%
12	30.68%	20.94%
24	41.95%	36.5%
48	54.39%	48.99%
72	80.4 %	70.67%

Tabla 7. Porcentaje de degradación de la Materia Orgánica de la harina de granos de canavalia y tiempos de incubación ruminal

Tratamiento y Porcentaje de Degradación		
Tiempo en horas	Cruda	Tostada
3	17.17%	9.04%
6	21.24%	11.95%
9	26.66 %	22.38%
12	30.2%	21.09%
24	41.25%	36.58%
48	54.22%	49.48%
72	80.44 %	70.67%

Tabla 8. Porcentaje de degradación de la Proteína Bruta de la harina de granos de canavalia y tiempos de incubación ruminal

Tratamiento y Porcentaje de Degradación		
Tiempo en horas	Cruda	Tostada
3	22.07%	9.05%
6	33.07%	15.45%
9	39.7 %	34.54%
12	51.7%	31.65%
24	66.95%	49.47%
48	77.29%	56.29%
72	90.65 %	74.47%