

SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



# Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

## **EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE *Leucaena leucocephala* SOBRE EL CONSUMO VOLUNTARIO, pH Y PATRÓN DE ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES EN OVINOS PELIBUEY**

**Informe técnico de residencia profesional que presenta el C.**

**MELGEN AMIN ALAMILLA CASTILLO**

**Numero de control: 11870001**

**Carrera: Ingeniería en Agronomía**

**Asesor interno: M en C. Víctor Francisco Díaz Echeverría**

**Juan Sarabia, Q.Roo  
Diciembre 2015**



## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA


El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, **Melgen Amin Alamilla Castillo**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno **M en C. Víctor Francisco Díaz Echeverría**, el asesor externo **Dr. Fernando Casanova Lugo**, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: **EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE *Leucaena leucocephala* SOBRE EL CONSUMO VOLUNTARIO, pH Y PATRÓN DE AGV'S EN OVINOS PELIBUEY** que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fé de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

**ATENTAMENTE**

Asesor Interno

  
M en C. Víctor Francisco Díaz Echeverría

Asesor Externo

  
Dr. Fernando Casanova Lugo

Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre, 2015.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	4
III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO	5
IV. OBJETIVOS	5
4.1. Objetivo general	5
4.2. Objetivos específicos	5
V. MATERIALES Y MÉTODOS	6
5.1. Animales	6
5.2. Jaulas y corrales	6
5.3. Alimentación	6
5.4. Tratamientos	7
5.5. Parámetros a medir	7
5.6. Elaboración de la harina de Leucaena	8
5.7. Elaboración de la harina de yuca	8
5.8. Diseño experimental	8
5.9. Manejo experimental	9
5.9.1. Determinación del consumo voluntario	9
5.9.2. Recolección de líquido ruminal	10
5.9.3. Determinación de pH	10
5.9.4. Determinación de ácidos grasos volátiles	10
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
VII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES	13
7.1. Limitantes	14
VIII. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS	14
IX. CONCLUSIONES	15



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Tratamientos utilizados en las dietas.....	7
<b>Cuadro 2.</b> Valores de consumo voluntario en dietas con diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el primer periodo de medición.....	11
<b>Cuadro 3.</b> Valores de pH ruminal, en dietas con diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el primer periodo de medición.....	12
<b>Cuadro 4.</b> Valores de consumo voluntario en dietas con diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el segundo periodo de medición.....	13
<b>Cuadro 5.</b> Valores de pH ruminal, en dietas con diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el segundo periodo de medición.....	13

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del sitio de estudio .....	<b>Pág.</b> 5
--	------------------

## I. INTRODUCCIÓN

En la zona sur del estado de Quintana Roo, la producción ganadera se ve afectada por la falta de forrajes de buena calidad nutricional y buen rendimiento por hectárea. La mayor parte de las zonas dedicadas a la producción de leche o carne provenientes de rumiantes se encuentran cultivadas con monocultivos de pastos con limitado potencial productivo, que han demostrado ser insuficientes en el aporte de material vegetativo (material verde o materia seca) y nutrientes que mantengan una producción estable y económica. Por otra parte, la suplementación a lo largo del año o en la época de secas, a base de alimentos concentrados representa una alta inversión económica para el productor, lo que en contadas ocasiones resulta poco rentable. En tal sentido, año con año el productor se ve en la difícil tarea de contar con suficiente alimento para su ganado, afectando de manera directa la producción de carne, leche y otros productos pecuarios (Moreno, 2015).

Una de las alternativas que actualmente han cobrado mayor importancia para mejorar los sistemas de producción de rumiantes es la inclusión de leguminosas en los sistemas tradicionales de alimentación, ya que se distingue de otras plantas por su alto contenido de proteína, capacidad para mantener la fertilidad del suelo, además de tener un amplio rango de adaptación a condiciones climáticas adversas (Solorio y Solorio, 2008). En este sentido la *Leucaena leucocephala* (guaje o huaxin) es una planta arbustiva utilizada principalmente como follaje para alimentar animales. Pero quizás el atributo más sobresaliente del guaje es, la gran aceptación por parte de los animales por su alta palatabilidad, su alto contenido de proteína cruda (22.4 – 32.2 % de la MS) y un amplio espectro de aminoácidos, lo que conlleva una buena digestibilidad ruminal (Solorio y Solorio, 2008).

El uso de árboles y arbustos de leguminosas u otras especies, como suplemento para la dieta de los animales rumiantes, posee diversos atributos que favorecen la

eficiencia alimenticia de los forrajes, que hacen que sean muy valoradas (Kamra *et al.* 2006).

A pesar de lo anterior, los metabolitos secundarios pueden modificar la velocidad de degradación y pasaje de los nutrientes a través del tracto gastrointestinal (Pedraza, 2000; Rodríguez, 2010; La O *et al.*, 2011; Galindo *et al.*, 2012 y Galindo *et al.*, 2013) como resultado de un efecto directo en la ecología ruminal.

Los sistemas modernos de alimentación deben considerar los requerimientos de energía del animal y el grado en que un alimento o una combinación de varios pueden cubrir las necesidades nutricionales de las diferentes especies y estados fisiológicos. La reacción central para la obtención de la energía se lleva a cabo en el rumen por medio de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos presentes en el alimento. Este proceso se desarrolla por parte de micro-organismos del rumen , con el propósito de generar energía para el crecimiento microbiano y la producción concomitante de ácidos grasos volátiles, metano, dióxido de carbono y calor por efecto de la fermentación (Ku, 2014).

Cunningham (1997) ha indicado que los protozoarios ingieren grandes volúmenes de bacterias y mantienen constante su población en el rumen, de modo que la defaunación implica la desaparición de las relaciones ecológicas (predación y competencia) que afectan el tipo, distribución genérica y actividad metabólica de la población fúngica y bacterial del ecosistema ruminal. Los protozoos del tipo A, entre ellos *Polyplastrum multivesiculatum*, actúan como predadores de las bacterias celulolíticas, específicamente de *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus flavefaciens*, con relación a las amilolíticas *Selenomonas ruminantium*, *Streptococcus bovis*, o las especies acidofílicas como *Megasphaera elsdenii*. Sin embargo, los protozoos del tipo B, que incluyen los celulolíticos, como *Epidinium ecaudatum*, *Eremoplastron bovis* y *Eudiplodinium maggii*, también se desempeñan como predadores de las bacterias celulolíticas, aunque su proceso es más lento (Cunningham, 1997).



La reducción de la población protozoaria propicia el incremento en la población de microorganismos celulolíticos, la estabilización del pH del rumen, el decrecimiento del nivel de amoníaco libre, la reducción de la metanogénesis y el incremento de la eficiencia de utilización digestiva de diferentes dietas, fundamentalmente las fibrosas (Makkar, 2005).

En el rumen, la producción de los ácidos grasos volátiles (AGV's) dependen de la composición de la ración, la actividad microbiana, el pH del medio y la frecuencia de ingestión de alimentos. En general, las raciones a base de forrajes producen menos cantidad de ácidos grasos volátiles, en contraposición con aquellos concentrados a base de altos contenidos de proteínas o de carbohidratos fácilmente fermentables. La mayor concentración de ácidos grasos volátiles en el rumen se observa después de que han transcurrido de 3-6 horas de la ingestión del alimento, si este es ofrecido una vez al día. La disminución de ácidos grasos volátiles disminuye conforme aumento el pH del rumen. (Berker, 1961).

Básicamente todo el ácido acético, el propiónico y el ácido butírico son absorbidos por el epitelio del rumen y transportados al hígado. La absorción de AGV's no sólo es importante para mantener su distribución en las células animales, sino para prevenir cantidades excesivas que puedan alterar el pH ruminal. En las condiciones de clima tropical es importante proporcionar a los animales raciones que induzcan bajo incremento calórico de alimentación. Se sabe que los granos (almidón) inducen un bajo incremento calórico de alimentación en comparación con los forrajes (celulosa).

En aquellos casos en que la ración alimenticia es modificada por la introducción de una gran cantidad de concentrado, sin un periodo previo de adaptación, puede resultar en una alta acumulación de ácido láctico en el rumen y provocar una acidosis en el animal, con una disminución del consumo de alimento y en muchos casos hasta la muerte (Ryan, 1964).

## II. JUSTIFICACIÓN

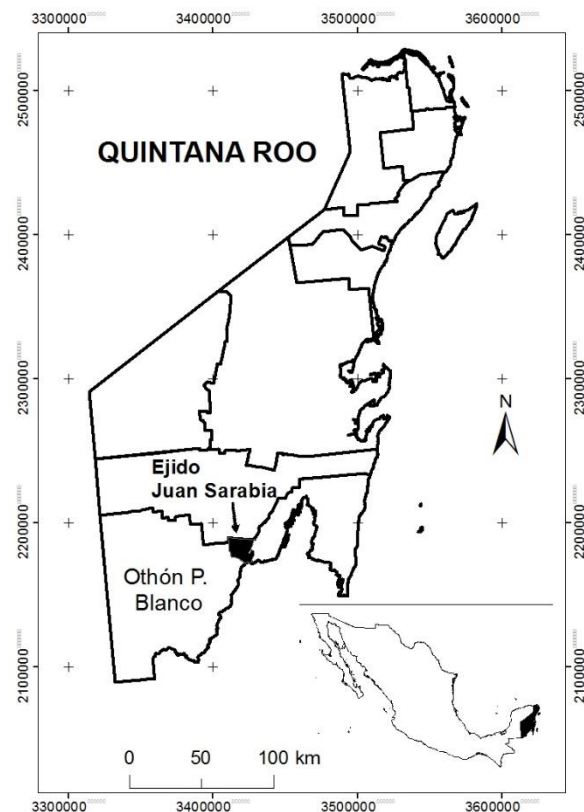
La producción de ovejas en el estado de Quintana Roo se basa generalmente en el forraje de baja calidad (alto contenido de fibra y lignina), donde las pérdidas de energía en forma de metano ( $\text{CH}_4$ ) representan el 8.12% de energía bruta. Sin embargo, existen arbustos tropicales con buena composición química (proteína cruda, fibra detergente neutro) y digestibilidad que pueden contribuir a la alimentación de ovinos en las condiciones del estado de Quintana Roo, México.

Entre estas especies se encuentra la *L. leucocephala*, la cual sería una fuente muy importante en la alimentación de los ovinos, debido a que tiene un alto contenido de proteína que resulta en la liberación de péptidos, aminoácidos,  $\text{NH}_3$  y ramificados ácidos grasos de cadena corta (degradación de proteínas a nivel ruminal), reducción de metano lo cual se lograría reduciendo la actividad o la población de bacterias metanogénicas, protozoos y por ende la digestibilidad.

La hipótesis de que la suplementación de una dieta tropical a base de *Leucaena leucocephala* mejorará la función de la ingesta en el rumen de la dieta sin cambiar el patrón de fermentación (ácidos grasos volátiles, y por lo tanto metano. Además, la reducción de los protozoos ciliados en el rumen puede aumentar la disponibilidad de nitrógeno y la eficiencia de la utilización de nitrógeno, por la disminución de la excreción de nitrógeno en las heces de los rumiantes. El follaje de *L. leucocephala*, por lo tanto, tienen el potencial para ser incorporados en la ración de los ovinos en crecimiento para aumentar la rentabilidad de los ovinocultores de la zona.

### III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO

El trabajo se realizó en la posta pecuaria del Instituto Tecnológico de la Zona Maya. El cual se encuentra localizado en el kilómetro 21.5 de la carretera Chetumal a Escárcega en el Ejido Juan Sarabia del Municipio de Othón P. Blanco (Figura 1). El área de trabajo se encuentra ubicada en un clima cálido subhúmedo tipo  $AW_1$ , con lluvias en el verano y parte del invierno, la temperatura media anual fluctúa entre los 24.5 y los 25.8 °C (García, 1973). Se encuentra casi a nivel del mar y su topografía es plana con predominación de los suelos *Gleisoles haplicos* (Akalche gris) de acuerdo con las clasificaciones de la FAO, los vientos dominantes son alisos que soplan casi todo el año, pero principalmente en verano (SAGARPA, 2003).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del sitio de estudio.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

Evaluar la influencia del efecto de tres niveles graduales de *Leucaena leucocephala* cv. *Cunningham* en el consumo voluntario, pH y patrón de AGV's en ovinos pelibuey en las condiciones del sur de Quintana Roo.

### 4.2. Objetivos específicos

Determinar el consumo voluntario de materia seca como porcentaje del peso vivo en ovinos pelibuey, alimentados con dietas con un nivel alto de *Leucaena leucocephala* y niveles variables de energía metabolizable proporcionada con harina de *Manihot sculenta* Crantz.

Determinar el pH ruminal en ovinos pelibuey alimentados con dietas con un nivel alto de *Leucaena leucocephala* y niveles variables de energía metabolizable proporcionada con harina de *Manihot sculenta* Crantz.

Determinar el patrón de ácidos grasos volátiles en ovinos pelibuey alimentados con dietas con un nivel alto de *Leucaena leucocephala* y niveles variables de EM proporcionada con harina de *Manihot sculenta* Crantz.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Animales

Se utilizaron cuatro borregos machos, con cruzamiento de las razas Pelibuey y Black Belly, obtenidos de un rancho de la comunidad de San Pedro Peralta, con un peso vivo promedio de  $20.57 \pm 1.97$  Kg. Los borregos, fueron desparasitados con ivermectina al 1% a razón de 1 ml por cada 50 kg de peso vivo y vitaminados con ADE + Complejo B, utilizando 1 ml por cada 10 kg de peso vivo.

### 5.2. Jaulas y corrales

Para el manejo de los animales se adaptó un corral de 6 x 4 m techado con lámina de zinc, piso, muros de cemento y rejas de estructura metálica, en el que se instalaron cuatro jaulas metabólicas construidas con varengas de madera, con dimensiones de 0.80 m de ancho por 1.50 m de largo, con piso intermedio de 1.20 m de alto y una altura total de 1.80 m. Todas las jaulas fueron dotadas con bebederos de plástico tipo cubeta, comedero de plástico tipo tolva y bastidores para recolección de orina fabricados con estructura de madera y cubierta plástica.

### 5.3 Alimentación

La alimentación de los borregos, se realizó a base cuatro dietas experimentales, elaboradas con harina de *Leucaena leucocephala* (40%) y cantidades variables de harina de yuca, maíz molido, melaza de caña, aceite de frituras y sal mineral, mismas que fueron balanceados en el programa computarizado CALRAC (1996) para llenar los requerimientos propuestos del ARC (2010) para materia seca, energía metabolizable, proteína cruda y proteína metabolizable. Las cantidades ofrecidas a los borregos fueron estimadas para llenar un consumo diario de 4% de su peso vivo, más un 15% de rechazo. Las dietas fueron elaboradas de manera manual en períodos de tiempo no mayores a 25 días entre cada lote, mismos que correspondieron a los periodos de medición de parámetros. Los insumos y las dietas preparadas fueron muestreadas para determinar su Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Cenizas y Proteína Cruda (PC), por el método descrito de

García (1973) y ajustado por las correcciones hechas por AOAC (1995), el Contenido Celular y Sílice (FDN), se obtuvo mediante el procedimiento descrito por Van Soest *et al* (1991), en el Laboratorio de Bromatología del Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

#### 5.4 Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron el resultado de la combinación de un nivel alto de inclusión de harina de *Leucaena leucocephala* (40% fijo) y cuatro diferentes niveles de aportación de Energía Metabolizable (EM) con harina de yuca *Manihot esculenta Crantz* (0, 15, 30 y 45 % de la EM) en las dietas experimentales.

**Cuadro 1.** Tratamientos utilizados en las dietas

Tratamiento	% Harina de Leucaena	% EM en Harina de Yuca
T <sub>1</sub> : 40L-0Y	40%	0%
T <sub>2</sub> : 40L-15Y	40%	15%
T <sub>3</sub> : 40L-30Y	40%	30%
T <sub>4</sub> : 40L-45Y	40%	45%

Mismos que fueron distribuidos en un diseño de cuadrado latino de cruzamiento y repetición (crossover), con dos factores a eliminar; número de animal y tiempo de medición.

#### 5.5. Parámetros a medir

Los parámetros medidos durante el proceso experimental fueron:

El consumo de alimento (% PV/día)

El consumo de MS (kg/kgPV<sup>0.75</sup>)

Potencial de hidrogeno en líquido ruminal (pH)

Contenido de ácido propionico en líquido ruminal (ml/ml)

Contenido de ácido butírico en líquido ruminal (ml/ml)

Contenido de ácido acético en líquido ruminal (ml/ml)

Contenido de ácido valerico en líquido ruminal (ml/ml)

### **5.6. Elaboración de harina de *Leucaena leucocephala***

Para la elaboración de harina se cosecho hoja y tallo tierno, en una parcela de una hectárea de *Leucaena leucocephala* cv. *Cunningham* asociada en un sistema silvopastoril con *Cynodom plestostachyus*. El material cosechado se henifico en plancha de concreto y temperatura ambiente en los meses de julio y agosto; una vez seco se molió en criba de 3 mm de un molino de martillos acoplado a la toma de fuerza de un tractor.

### **5.7. Elaboración de la harina de yuca**

Se cosecho tubérculo en verde de *Manihot esculenta* Crantz de 180 días posteriores a la siembra, en la posta pecuaria del Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Los tubérculos fueron lavados y se picaron con macheta para crear rodajas de aproximadamente 2 mm de grosor, el material picado fue colocado en charolas de aluminio y secado en estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C por un lapso de 72 horas, con la finalidad de evitar el efecto Meller de fibra-proteína y garantizar la eliminación del ácido cianhídrico contenido en el tubérculo de la yuca. El tubérculo seco, se molió en criba de 3 mm de un molino de martillos para la elaboración de la harina.

### **5.8 Diseño experimental**

Para la comparación de los parámetros de respuesta se realizó un análisis de varianza con el PROC GLM en un cuadrado latino “crossover”, las similitudes o diferencias entre medias se realizó mediante la prueba de Tukey ( $P>0.05$ ) en el programa computarizado SAS 9.2 (SAS Institute inc, 2004).

### **5.9 Manejo experimental**

Las actividades del manejo experimental fueron divididas para determinar el consumo voluntario, pH y el contenido de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal.

### **5.9.1. Determinación del consumo voluntario.**

Al principio de cada periodo de medición, se pesaron los borregos en báscula electrónica colgante y se anotó el peso en el registro individual de cada animal, posteriormente se calculó el peso metabólico mediante la fórmula  $\text{Kg de PV}^{0.75}$  el valor obtenido fue multiplicado por 0.097 kg de MS para obtener los kilogramos de materia seca a proporcionar por día. Para asegurar esta cantidad de consumo de materia seca y determinar la cantidad de alimento a ofrecer en fresco, se tomó en cuenta la materia seca del alimento preparado, para lo cual se dividió el requerimiento de materia seca por día entre el porcentaje de materia seca del alimento preparado y se multiplico por 100. Una vez determinado el volumen de alimento a ofrecer por animal por día, se añadió un 15% más de alimento para asegurar el consumo máximo por animal por día.

En los periodos de acostumbramiento (10 días) se ofreció al borrego la cantidad de alimento estimado para su peso metabólico y ajustó al consumo máximo, como fue descrito anteriormente. El alimento fue pesado en báscula colgante y anotado en la hoja de registro de cada borrego a las 8 am de cada día de acostumbramiento. A las 7:45 am del día siguiente se recogió los residuos de la dieta no consumida y se anotaron en la hoja de registro individual, con los valores de alimento consumido y alimento rechazado, se estimó el consumo de alimento por animal por día. Los valores de alimento ofrecido por día fueron aumentados o reducidos, tomando en cuenta el alimento rechazado en el día anterior, con la finalidad de ajustar a un valor real de alimento a ofrecer durante los días de medición, asegurando un máximo consumo y un mínimo de desperdicio. En los periodos de medición (6 días) se realizó el mismo procedimiento procurando mayor exactitud en las cantidades ofrecidas y consumo de alimento por animal por día. Con los valores obtenidos de consumos por animal por día se estimó el consumo como porcentaje del peso vivo (% PV) y el consumo por kilogramo de peso metabólico ( $\text{g/KgPV}^{0.75}$ ).



### **5.9.2. Recolección de líquido ruminal**

Al cuarto día de medición se extrajeron mediante sonda esofágica 30 ml de líquido ruminal a las 8 horas después de haber ofrecido el alimento del día (posteriores a la alimentación), de acuerdo a lo descrito por Ramos *et al* (2014). El líquido extraído se filtró en doble gasa y se almacenó en un frasco de muestreo con tapa, que se marcó con los datos del número del borrego, número de jaula, tipo de dieta, periodo de muestreo y día de muestreo, para inmediatamente almacenarla en refrigeración a 4°C en el Laboratorio de Bromatología del Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Dicho procedimiento se repitió en cada periodo de muestreo de manera individual en los animales en estudio de acuerdo a lo sugerido por Hales *et al* (2014).

### **5.9.3. Determinación de pH**

El pH se midió a las 8 horas posterior a la alimentación e inmediatamente después de obtenida la muestra de líquido ruminal, previo filtrado con doble gaza, con un potenciómetro portátil (HANNA® Instruments, Woonsocket, USA), calibrado con un buffer de referencia de pH 4 y 7.

### **5.9.4. Determinación de ácidos grasos volátiles**

Para el análisis de AGV's se tomaron 4 ml de líquido ruminal, los cuales fueron conservados en 1 ml de solución desproteínizante compuesta por ácido metafosfórico y ácido 3-metilvalérico en viales de plástico de 10 ml y conservados en refrigeración a 4 °C, hasta su envío al laboratorio. Para la determinación de los AGV's se empleó la técnica propuesta por Ryan, (1980) usando un cromatografo de gases (Hewlett-Packard, 5890 serie III), equipado con un detector de ionización de flama (FID), el tipo de columna utilizado fue HP-FFAP de 30 mx 0.53 mm, la temperatura del inyector fue de 200 °C y la del detector de 200 °C.

## VI. RESULTADOS

Existe una alta variabilidad en el consumo de alimento en el primer periodo de medición, dado que el consumo de alimento en fresco por borrego por día, fluctuó de  $374.17 \pm 74.27$  a  $1193 \pm 117.31$  (g/animal/día). Así mismo el consumo como porcentaje de peso vivo fluctuó en  $2.09 \pm 0.05$  a  $5.79 \pm 0.56$  (% PV) y en el consumo de alimento en fresco con respecto al peso metabólico fluctuó de  $43.07 \pm 10.30$  al  $123.78 \pm 12.13$  como se muestra en el cuadro 2. Siendo las dietas 40L-30Y y 40L-45Y las de mayor consumo, quizás a una mayor proporción de almidón de yuca disponible en el rumen lo que permite un mayor desdoblamiento de los contenidos de fibra proporcionados con la *Leucaena* y con ello mayor paso de los alimentos, consecuentemente aumenta el consumo del alimento.

**Cuadro 2.** Valores de consumo voluntario en dietas con diferentes niveles de inclusión de *Leucaena leucocephala*, en el primer periodo de medición.

Parámetros	Tratamientos			
	40L – 0Y	40L – 15Y	40L – 30Y	40L – 45Y
Consumo (g/animal/día)	$456.67 \pm 74.27$	$374.17 \pm 89.45$	$976.17 \pm 64.25$	$1193.0 \pm 117.31$
Consumo (% PV)	$2.13 \pm 0.35$	$2.09 \pm 0.50$	$4.77 \pm 0.31$	$5.79 \pm 0.56$
Consumo (g/kgPV <sup>0.75</sup> )	$45.82 \pm 7.45$	$43.07 \pm 10.30$	$101.51 \pm 6.68$	$123.38 \pm 12.13$

En lo referente al pH del rumen, este parece no ser afectado por el tipo de dieta proporcionada, pues los valores encontrados no presentan una gran variabilidad fluctuando de 6.26 a 6.43 en potencial de hidrogeno (pH). Quizás este efecto sea debido a que todas las dietas tuvieron una misma proporción de energía metabolizable pero con diferentes fuentes energéticas, que fermentan de la misma manera no alterando el pH entre ellas.

**Cuadro 3.** Valores de pH ruminal, en dietas con diferentes niveles de inclusión de *Leucaena leucocephala*, en el primer periodo de medición.

Parámetro	Tratamientos			
	40L – 0Y	40L – 15Y	40L – 30Y	40L – 45Y
Potencial de hidrogeno (pH)	6.26	6.39	6.43	6.41

En el segundo periodo de medición realizado, se encontró que al igual que en la medición anterior, existe una alta variabilidad en el consumo de alimento, dado que el consumo de alimento en fresco por animal por día, fluctuó de  $233.00 \pm 81.20$  a  $1015.00 \pm 101.11$  (g/animal/día). Así mismo el consumo como porcentaje de peso vivo fluctuó en  $1.43 \pm 0.05$  a  $4.60 \pm 0.46$  (% PV) y en el consumo de alimento en fresco con respecto al peso metabólico fluctuó de  $24.51 \pm 10.03$  al  $99.68 \pm 9.93$  como se muestra en el cuadro 4. Siendo las mejores dietas la 40L-15Y y 40L-30Y a diferencia de la medición anterior donde la dieta 40L-45Y mostro un alto consumo. Dicha diferencia quizá sea debido a un efecto de animal, pues se ha utilizado un diseño crossover que utiliza al mismo animal varias mediciones, pudiendo encontrarse efectos residuales.

**Cuadro 4.** Valores de consumo voluntario en dietas con diferentes niveles de inclusión de *Leucaena leucocephala*, en el segundo periodo de medición.

Parámetro	Tratamientos			
	40L – 0Y	40L – 15Y	40L – 30Y	40L – 45Y
Consumo (g/animal/día)	$233 \pm 81.20$	$1000.83 \pm 127.36$	$1015 \pm 101.15$	$466.50 \pm 185.19$
Consumo (% PV)	$1.43 \pm 0.50$	$4.39 \pm 0.56$	$4.60 \pm 0.46$	$1.96 \pm 0.78$
Consumo (g/kgPV <sup>0.75</sup> )	$24.51 \pm 10.03$	$95.95 \pm 12.21$	$99.68 \pm 9.93$	$43.29 \pm 17.19$

En lo que se refiere al pH ruminal en el segundo periodo de medición, no se encuentra una gran variabilidad en los valores de potencial de hidrogeno (pH) como se muestra en el cuadro 5. Dichos valores fluctúan de 6.14 a 6.73 de pH, siendo muy cercanos a la neutralidad en potencial de hidrogeno, lo que indica que

el tipo de dieta y su nivel de inclusión de harina de yuca, no parece afectar el pH ruminal en ovinos pelibuey.

**Cuadro 5.** Valores de pH ruminal, en dietas con diferentes niveles de inclusión de *Leucaena leucocephala*, en el segundo periodo de medición.

Parámetro	Tratamientos			
	40L – 0Y	40L – 15Y	40L – 30Y	40L – 45Y
Potencial de hidrogeno (pH)	6.90	6.19	6.14	6.73

## VII. PROBLEMAS RESUELTOS

Al principio del trabajo se consultó la bibliografía para determinar las medidas sométricas de los ovinos pelibuey, con dichas medidas se diseñó y construyó 4 jaulas metabólicas a base de madera rustica de la región, a las cuales se les adapta comederos y bebederos individuales de material reciclable, se les doto de bastidor con ahulado para la recoja de orinas y cajones para la recolección total de las mismas. Así mismo se diseñaron pecheras para adaptar sacos de recolección de heces de acuerdo con el tamaño y medidas sométricas de los animales.

Para la elaboración de la harina de *Leucaena leucocephala* se cosechó 1800 kg de hojas y tallos frescos, que fueron secados en plancha de concreto al aire libre, una vez seco se molió en criba de 3 mm de un molino de martillos acoplado a la toma de fuerza de un tractor.

Para la elaboración de harina de yuca, se cosecharon raíces del tubérculo en verde, se lavó, pico y se secó en estufa de aire forzado y posteriormente el material seco, se molió con criba de 3 mm, en un molino de martillos.

Para la determinación de ácidos grasos volátiles se recolecto al cuarto día de medición liquido ruminal, que fue filtrado en gasa doble, se almaceno en viales de

plástico de 10 ml, a los que previamente se les añadió una solución desproteinizante a base de ácido metafosfórico y ácido 3-metilvalérico y en puso en refrigeración para posterior envío a laboratorio.

### **7.1. Limitantes**

No se cuenta con equipo y maquinaria adecuada para el procesamiento de harinas y elaboración de dietas.

Debido a la escases del cultivo de yuca, únicamente se contó con 100 kg de harina de yuca, lo que limito la extensión de las pruebas en tiempo.

## **VIII. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS**

Se adquirió la competencia para el procedimiento y elaboración de harina de Yuca integral de manera rustica, realizado desde la cosecha hasta la elaboración de la harina.

Se adquirió la competencia para el procedimiento y elaboración de harina de *Leucaena leucocephala*, desde el corte de hojas y tallos, el secado y la molienda de la misma.

Se nos instruyó en el procedimiento de balanceo de raciones utilizando los programa computarizado, CALRAC, (1996) para llenar los requerimientos de consumo de materia seca, energía metabólica, y gramos de proteína por animal por día.

Se nos instruyó el procedimiento para la medición del consumo voluntario utilizando jaulas metabólicas en borregos pelibuey.

Se nos capacitó en el procedimiento para la extracción de líquido ruminal de los animales por medio de una sonda esofágica, así como el procedimiento de determinación del pH ruminal.

Se nos capacitó en el manejo del potenciómetro portátil (HANNA® Instruments, Woonsocket, USA), mismo que fue calibrado con buffer de referencia de pH 4 y 7.

## **IX. CONCLUSIONES**

Los valores obtenidos sugieren que la cantidad de harina de yuca proporcionada puede hacer variar el consumo de alimento, pero esta no tiene efecto sobre el pH del rumen.

## **X. FUENTES DE INFORMACION**

AOAC 1995. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Assoc. Off Anal. Chem. Arlington, V.A.

Berker, H. 1961. The bacteria, First edition, Academic Press, 2:151

Calrac (1996). Software para la alimentación de rumiantes. Versión 1.0.

Cunningham. 1997. Fisiología veterinaria. Segunda edición. McGraw-Hill interamericana. México

Galindo, J., González, N., Scull, I., Marrero, Y., Sosa, A., Aldana, A.I. Moreira, O., Delgado, D., Ruiz, T., Febles, G., Torres, V., La O, O., Sarduy, L., Noda, A. & Achang, O. 2012. Effect of Samanea saman, (Jacq.) Merr, Albizia lebeck Benth and Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray (plant material 23) on the methanogen population and on the ruminal microbial ecology. Cuban J. Agric. Sci. 46:273

- García M. (1973). Modificaciones del sistema de clasificación climática de Koopen. México. UNAM. pp. 243.
- Kamra, D.E., Agarwal, N. & Chaudhary, L.C. 2006. Inhibition on ruminal methanogenesis by tropicals plants containing secondary compounds'. Int. Congress Ser. 1293: 156
- Ku, J., Briceño, E., Ruíz, A., Mayo, R., Ayala, A., Aguilar, C., Solorio, F. y Ramírez, L. 2014. Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 48(1): 43-53
- La O.O., García, R., Ruiz, O., Castillo, Y., Muro, A., Rodríguez, C., Arzola, C., González, H. & Ortiz, B. 2011. *In vitro* ruminal fermentative potential of two trees (*Pithecellobium dulce* and *Tamarindus indica*) of importance for livestock rearing in fragile, saline ecosystems with high drought, located in the eastern part of Cuba. Cuban J. Agric. Sci. 42:57
- Makkar, H.P.S. 2005. In vitro gas method for evaluation of feed containing phychemicals. Anim. Feed. Sci. Technol. 123:291
- Moreno, A.O 2015. Evaluación de los parámetros productivos y modulación de *Leucaena leucocephala* asociada con dos diferentes tipos de gramíneas en la zona sur de Quintana Roo. Tesis de licenciatura. Instituto tecnológico de la zona Maya. pp 3-4
- Pedraza, R.M. 2000. Valoración nutritiva del follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq) kunth ex walps y su efecto en el ambiente ruminal. Tesis de Doctor. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- Rodríguez, R. 2010. Estudio in vitro del valor nutritivo y de los efectos antinutricionales de cuatro leguminosas arbóreas tropicales con

potencialidades como suplementos del Pennisetum purpureum (vc. CUBA CT-115). Tesis Dr. Universidad de Zaragoza, España

Ryan, R. 1964. Concentrations of glucose and low molecular weight acids in the rumen of sheep changed gradually from a hay to a huayplus-grain diet. American Journal Veterinary and Research. 25: 653-659.

Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2003). Evaluación de los programas de fomento ganadero de la alianza para el campo.

SAS. System for Windows. 2004. SAS User's Guide Statistics, SAS Inst. Inc. Cary North Carolina. USA.

Solorio, S.F, Solorio, S.B. 2008. *Leucaena leucocephala* (Guaje), una opción forrajera en los sistemas de producción animal tropical. Manual de manejo agronómico de *Leucaena leucocephala*. Morelia Michoacán México. pp. 12-23.

Van Soest, P. J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal Dairy Science 74. 3583-3598.