

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

INFLUENCIA DE DIFERENTES NIVELES DE *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham SOBRE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE Y POBLACIÓN PROTOZOARIA RUMINAL EN OVINOS PELIBUEY

**Informe Técnico de Residencia Profesional que
presenta el C.:**

PEDRO PABLO BOJORQUEZ INTERIAN

N° de Control 11870053

Carrera: Ingeniería en agronomía

Asesor interno: M.C. Víctor F. Díaz Echeverría

Juan Sarabia, Quintana 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, PEDRO PABLO BOJORQUEZ INTERIAN**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno **M EN C. VICTOR FRANCISCO DIAZ ECHEVERRIA** el asesor externo el **DR. FERNANDO CASANOVA LUGO**, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado **INFLUENCIA DE DIFERENTES NIVELES DE *Leucaena leucocephala* . cv. Cunningham SOBRE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE Y POBLACION PROTOZOARIA RUMINAL 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 fe 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 GENERAL

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE GENERAL | i |
| ÍNDICE DE CUADRO | iii |
| ÍNDICE DE FIGURA | iv |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. JUSTIFICACIÓN | 4 |
| III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO..... | 5 |
| IV. OBJETIVOS..... | 6 |
| 4.1. Objetivos generales..... | 6 |
| 4.2. Objetivos específicos..... | 6 |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS | 7 |
| 5.1. Animales..... | 7 |
| 5.2. Jaulas y corrales | 7 |
| 5.3. Alimentación | 7 |
| 5.4. Tratamientos..... | 8 |
| 5.5. Parámetros a medir..... | 8 |
| 5.6. Elaboración de la harina de <i>Leucaena</i> | 9 |
| 5.7. Elaboración de la harina de yuca | 9 |
| 5.8. Manejo experimental..... | 9 |
| 5.9. Determinación del consumo voluntario | 9 |
| 5.10. Recolección de orina | 10 |
| 5.11. Preparación de ácido sulfúrico para conservación de muestras de orina | 11 |
| 5.12. Recolección de heces | 11 |
| 5.13. Recolección de líquido ruminal | 12 |
| 5.14. Determinación de micro-organismo | 12 |
| 5.15. Diseño experimental | 12 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 13 |
| VII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES..... | 17 |
| 7.1. Limitantes..... | 17 |
| VIII. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS..... | 18 |

| | | |
|-----|-----------------------------|----|
| IX. | CONCLUSIONES | 18 |
| X. | FUENTES DE INFORMACIÓN..... | 19 |

ÍNDICE DE CUADRO

| | | |
|------------------|---|----|
| Cuadro 1. | Valores de producción de heces y orina en dietas con diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el primer periodo de medición..... | 13 |
| Cuadro 2. | Composición nutricional de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el primer periodo de medición..... | 14 |
| Cuadro 3. | Composición nutricional de heces de animales alimentados con dietas de diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el primer periodo de medición..... | 14 |
| Cuadro 4. | Valores de producción de heces y orina en dietas con diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el segundo periodo de medición..... | 15 |
| Cuadro 5. | Composición nutricional de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el segundo periodo de medición..... | 16 |
| Cuadro 6. | Composición nutricional de heces de animales alimentados con dietas de diferentes niveles de inclusión de <i>Leucaena leucocephala</i> , en el segundo periodo de medición..... | 16 |

ÍNDICE DE FIGURA

| | |
|---|---|
| Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de estudio, ITZM..... | 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 (CH₄) 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, NH₃ 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 *L. 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 (ITZM). 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. El área de trabajo se encuentra ubicada en un clima cálido subhúmedo tipo AW₁, 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 alisios que soplan casi todo el año, pero principalmente en verano (SAGARPA, 2003).

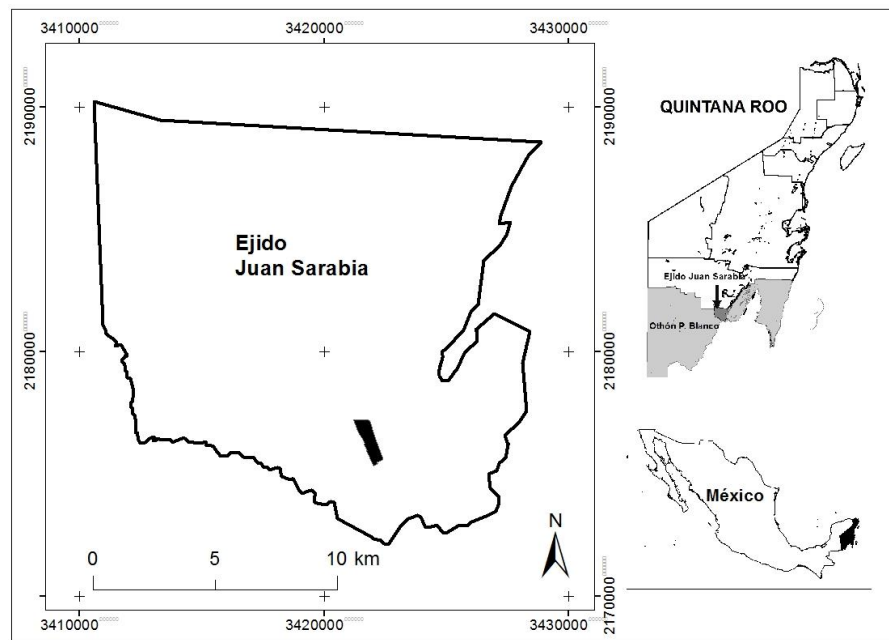


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de estudio, ITZM.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivos generales

Evaluar la influencia del efecto de tres niveles graduales de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham sobre la digestibilidad aparente y población protozoaria ruminal en ovinos Pelibuey en las condiciones del sur de Quintana Roo.

4.2. Objetivos específicos

Determinar la digestibilidad aparente como porcentaje del peso vivo y consumo por kilogramos de peso metabólico en ovinos pelibuey alimentados con dietas con inclusión de diferentes niveles de *L. leucocephala* y niveles variables de energía metabolizable proporcionada por harina de *Manihot esculenta* Crantz.

Determinar la población protozoaria de ovinos pelibuey alimentados con dietas con inclusión de diferentes niveles de *L. leucocephala* y niveles variables de energía metabolizable proporcionada por harina de *Manihot esculenta* Crantz.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Animales

Se utilizaron 4 borregos machos con cruzamiento de las razas Pelibuey y Black Belly, obtenidos en un rancho de la comunidad de San Pedro Peralta, con un peso vivo promedio de 20.57 ± 1.97 kg, Los animales 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 pesos 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 4 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 animales se realizó a base de 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, mismos que fueron balanceados en el programa computarizado CALRAC (1994) para llenar los requerimientos propuestos del NRC (2010) para materia seca, Energía metabolizable, proteína cruda y proteína metabolizable. Las cantidades ofrecidas fueron estimadas para llenar un consumo diario de 4% del 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, mismo 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 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 de inclusión de harina de *Leucaena leucocephala* (40% fijo) y 4 diferentes niveles de aportación de Energía Metabolizable con harina de yuca *Manihot esculenta Crantz* (0, 15, 30 y 45 % de la EM) en las dietas experimentales.

T1 = 40% harina de Leucaena – 0% EM en harina de yuca

T2 = 40% harina de Leucaena – 15% EM en harina de yuca

T3 = 40% harina de Leucaena – 30% EM en harina de yuca

T4 = 40% harina de Leucaena – 45% EM en harina de yuca

Mismo 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.

Digestibilidad aparente de la MS (%)

Digestibilidad aparente de la MO (%) con respecto a la materia seca

Digestibilidad aparente de la PC (%) con respecto a la materia seca

Digestibilidad aparente de la FDN (%) con respecto a la materia seca

Digestibilidad aparente del Contenido Celular (%) con respecto a la materia seca

Población total de protozoarios (v/mr)

Tipo de protozoarios (frecuencia/ml)

5.6. Elaboración de la harina de *Leucaena*

Para la elaboración de la harina de guaje se cosecho hoja y tallo tierno una parcela de una hectárea de *L. leucocephala* cv. Cunningham asociada en un sistema silvopastoril con *Cynodon plectostachyus*.

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 un 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 en una parcela 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. Manejo experimental

Las actividades del manejo experimental fueron divididas para la determinación del consumo voluntario, la determinación de la digestibilidad, la determinación de ácidos grasos volátiles y la determinación de microorganismos.

5.9. Determinación del consumo voluntario

Al principio de cada periodo de medición, se pesaron los animales en balanza electrónica colgante y se anotó el peso en el registro individual de cada animal, posteriormente 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 animal la cantidad de alimento estimado para su peso metabólico y ajustó al consumo máximo, como fue descrito anteriormente.

Fue pesado en báscula colgante y anotado en la hoja de registro de cada animal a las 8 am de cada día de acostumbramiento. A las 8 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 ($\text{g/Kgpvo}^{0.75}$).

5.10. Recolección de orina

En los periodos de medición (5 a 6 días) se puso un contenedor de plástico para orina desde las 8 de la mañana una vez concluida la limpieza, con la finalidad de recolectar el total del volumen de orina secretada en el día. A las 9 pm de cada día y se añadió a la orina ácido sulfúrico al 10% para alcanzar un pH de 2 a 3, medido

con un potenciómetro portátil previamente calibrado con solución buffer 4.0 y 7.0. A las 7:30 horas del día siguiente, se midió en un vaso de precipitado el volumen total de orina producida y se anotó en las hojas de registro individual de cada animal. Posteriormente se homogenizó la orina mediante agitación y se recolectó una alícuota de aproximadamente el 10% del volumen total producido en un frasco de muestreo con tapa, se marcó con los datos del número de animal, número de jaula, tipo de dieta, periodo de muestreo y día de muestreo, para inmediatamente almacenarla en congelamiento a -3°C en el laboratorio de bromatología. Dicho procedimiento se repitió en cada día y periodo de muestreo de manera individual en los animales en estudio.

5.11. Preparación de ácido sulfúrico para conservación de muestras de orina

En un bote de 10 litros se agregó 9 litros de agua de la llave, medidos en probeta o vaso de precipitado. Se midió un litro de ácido sulfúrico, se agregó al bote con agua y se mezcló. Se dejó reposar la mezcla por 3 minutos y se repitió la operación para homogenizar.

5.12. Recolección de heces

En los periodos de medición se colocó en animales pecheras de cuero en los que se sujetó los sacos de recolección de heces, con la finalidad de recolectar el total del volumen de heces producidas, dicho procedimiento se realizó a las 8:00 am de cada día de medición. A las 7:30 horas del día siguiente, se retiró las bolsas de recolección, se pesó el volumen total de heces producidas en una báscula electrónica colgante y se anotó en las hojas de registro individual de cada animal. Posteriormente se homogenizó las heces mediante mezclado y se recolectó una muestra de aproximadamente el 10% del total de heces producidas, mismas que fueron almacenadas en una bolsa con doble cierre tipo ziploc, se marcó con los datos de número de animal, número de jaula, tipo de dieta, periodo de muestre y día de muestreo, para inmediatamente almacenarla en congelamiento a -3°C en el laboratorio de bromatología. Dicho procedimiento se repitió en cada día y periodo de muestreo de manera individual en los animales en estudio.

5.13. Recolección de líquido ruminal

En los periodos de medición se extrajo mediante sonda esofágica 30 ml de líquido ruminal a las 8 horas después de haber ofrecido el alimento del día (posteriores a la alimentación).

El líquido extraído se filtró en doble gasa simple y se almacenó en un frasco de muestreo con tapa, que se marcara con los datos de número de animal, 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. Dicho procedimiento se repitió en cada día y periodo de muestreo de manera individual en los animales en estudio.

Al final se homogenizó y posteriormente se extrajo una alícuota de 1 ml de líquido ruminal, mismo que fue colocado en tubos cónicos de vidrio con tapa, a los que previamente se les añadió 4 ml de ácido metafosfórico. Los tubos con muestra se marcaron con el número de periodo de medición, número de animal, tipo de dieta continuó en refrigeración hasta ser enviados al laboratorio para determinar su contenido de AGV's.

5.14. Determinación de micro-organismo

Del líquido ruminal filtrado y refrigerado en frascos con tapa, se homogenizó y se extrajo con pipeta volumétrica, un ml de muestra, que se mezcló con un ml de verde de metilo y se dejó reposar por 5 minutos. Posteriormente se extrajo una alícuota de 0.1 ml con una pipeta graduada en decimas de milímetro y se colocó en una cámara de Newbawer para la identificación y conteo de microorganismo ruminales utilizando un microscopio de contraste de fase con objetivo de 40x.

5.15. 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, 2014).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existe una alta variabilidad en la producción de heces frescas en el primer periodo de medición, dado que la producción de heces por animal por día, fluctuó de 266.50 ± 19.71 a 975.67 ± 267.24 (g/animal/día). Así mismo la producción de orina fluctuó en 1241.67 ± 215.45 a 1535 ± 270.61 (ml/animal/día) existiendo poca variabilidad como se muestra en el cuadro 1. Siendo las dietas 40L-30Y y 40L-45Y las de mayor producción de heces, quizás este efecto se deba 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 *L. leucocephala* y con ello mayor paso de los alimentos, consecuentemente aumenta el consumo de alimento y de igual forma la producción de heces.

Cuadro 1. Valores de producción de heces y orina 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 |
| Producción de heces frescas (g/animal/día) | 266.50 ± 19.71 | 281.50 ± 123.44 | 795.33 ± 351.45 | 975.67 ± 267.24 |
| Producción de orina (ml/animal/día) | 1535 ± 270.61 | 1491.67 ± 341.43 | 1241.67 ± 215.45 | 1513.33 ± 171.30 |

En lo referente a la composición nutricional de las dietas se puede observar que no hay variabilidad en el contenido nutricional, siendo los valores de MS de 84.84 ± 0.35 a 87.05 ± 0.26 , MO de 76.17 ± 0.31 a 77.92 ± 0.34 , cenizas de 8.58 ± 0.71 a 9.13 ± 0.34 y PC de 14.04 ± 0.25 a 17.35 ± 0.11 , como se muestra en el cuadro 2., dicha similitud en la composición nutricional es debido a que las dietas fueron balanceadas para llenar los requerimientos de MS, PC y EM., por lo que no se espera variabilidad en los mismos.

Cuadro 2. Composición nutricional de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de *Leucaena leucocephala*, en el primer periodo de medición.

| Parámetros | Tratamientos | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 40L -0Y | 40L -15Y | 40L -30Y | 40L -45Y |
| Materia seca (%) | 84.84 ± 0.35 | 85.70 ± 0.68 | 86.25 ± 0.23 | 87.05 ± 0.26 |
| Materia orgánica (%) | 76.17 ± 0.31 | 76.64 ± 0.38 | 77.67 ± 0.71 | 77.92 ± 0.34 |
| Cenizas (%) | 8.67 ± 0.31 | 9.06 ± 0.38 | 8.58 ± 0.71 | 9.13 ± 0.34 |
| Proteína cruda (%) | 17.35 ± 0.11 | 15.44 ± 1.39 | 14.41 ± 0.70 | 14.04 ± 0.25 |

En lo relativo a la composición nutricional de las heces se puede observar que hay poca variabilidad en el contenido de proteína cruda, fluctuando de 24.81 ± 0.55 a 28.26 ± 0.51 %, así mismo se denota que no existe variabilidad en los contenidos de MS, MO y Cenizas cuyos valores fluctúan de 94.31 ± 1.79 a 97.87 ± 0.44 , 82.65 ± 0.39 a 84.77 ± 0.16 y 11.66 ± 0.39 a 13.30 ± 0.68 respectivamente, como se muestra en el cuadro 3. Siendo las dietas 40L-30Y y 40L-45Y las que menor proteína cruda presentaron en heces, quizás se deba a una mayor proporción de almidón de yuca disponible en el rumen lo que permite un mayor desdoblamiento de proteínas proporcionadas con la *L. leucocephala* y con ello un mayor aprovechamiento de las mismas, ocasionando que menos proteína cruda sea desechada.

La similitud en las cantidades de MS, MO y Cenizas puede ser debida a que estos componentes se tomaron de manera general sin desglosar los valores que ellos los integran.

Cuadro 3. Composición nutricional de heces de animales alimentados con dietas de diferentes niveles de inclusión de *Leucaena leucocephala*, en el primer periodo de medición.

| Parámetros | Tratamientos | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 40L -0Y | 40L -15Y | 40L -30Y | 40L -45Y |
| Materia seca (%) | 97.87 ± 0.44 | 95.98 ± 0.63 | 94.31 ± 1.79 | 97.11 ± 0.58 |
| Materia orgánica (%) | 84.77 ± 0.16 | 82.67 ± 0.68 | 82.65 ± 0.39 | 84.43 ± 0.03 |
| Cenizas (%) | 13.10 ± 0.16 | 13.30 ± 0.68 | 11.66 ± 0.39 | 12.68 ± 0.03 |
| Proteína cruda (%) | 28.26 ± 0.51 | 26.08 ± 1.06 | 26.03 ± 1.43 | 24.81 ± 0.55 |

En el segundo periodo de medición realizado, se encontró que al igual que en la medición anterior, existe una alta variabilidad en la producción de heces, dado que los valores fluctuaron de 102.50 ± 25.43 a 691.17 ± 91.45 (g/animal/día). Así mismo la producción de orina fluctuó en 684.17 ± 312.06 a 1567 ± 293.61 (ml/animal/día) como se muestra en el cuadro 4. Siendo las dietas la 40L-15Y y 40L-30Y las que mayor producción de heces tuvieron a diferencia de la medición anterior donde la dieta 40L-45Y mostro una alta producción de heces. 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 producción de heces y orina en dietas con diferentes niveles de inclusión de *Leucaena leucocephala*, en el segundo periodo de medición.

| Parámetros | Tratamientos | | | |
|--|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | 40L -0Y | 40L -15Y | 40L -30Y | 40L -45Y |
| Producción de heces frescas (g/animal/día) | 102.50 ± 25.43 | 655.33 ± 93.56 | 691.17 ± 91.45 | 226.17 ± 66.06 |
| Producción de orina (ml/animal/día) | 684.17 ± 312.06 | 1567 ± 293.61 | 793.33 ± 101.67 | 1207 ± 283.10 |

En el segundo periodo de medición realizado, se encontró que al igual que en la medición anterior, en lo referente a la composición nutricional de las dietas se puede observar que no hay variabilidad en el contenido nutricional, siendo los valores de MS de 86.50 ± 1.29 a 88.52 ± 0.22 , MO de 76.69 ± 0.19 a 79.94 ± 0.23 , cenizas de 8.58 ± 0.23 a 9.18 ± 0.48 y PC de 17.21 ± 1.11 a 18.80 ± 0.95 , como se muestra en el cuadro 5., dicha similitud en la composición nutricional es debido a que las dietas fueron balanceadas para llenar los requerimientos de MS, PC y EM., y no se espera gran variabilidad entre ellas.

Cuadro 5. Composición nutricional de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de *Leucaena leucocephala*, en el segundo periodo de medición.

| Parámetros | Tratamientos | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 40L -0Y | 40L -15Y | 40L -30Y | 40L -45Y |
| Materia seca (%) | 86.50 ± 1.29 | 85.52 ± 0.56 | 87.24 ± 1.13 | 88.52 ± 0.22 |
| Materia orgánica (%) | 77.69 ± 0.19 | 76.34 ± 0.48 | 78.07 ± 0.16 | 79.94 ± 0.23 |
| Cenizas (%) | 8.81 ± 0.19 | 9.18 ± 0.48 | 9.17 ± 0.16 | 8.58 ± 0.23 |
| Proteína cruda (%) | 18.02 ± 0.39 | 18.80 ± 0.95 | 17.21 ± 1.11 | 17.24 ± 0.31 |

En el segundo periodo de medición realizado, se encontró que al igual que en la medición anterior, que hay poca variabilidad en el contenido de proteína cruda en heces, fluctuando de 22.89 ± 2.62 a 28.28 ± 1.54 %, así mismo se denota que no existe variabilidad en los contenidos de MS, MO y Cenizas cuyos valores fluctúan de 96.43 ± 2.39 a 98.56 ± 1.65 , 73.78 ± 2.57 a 80.99 ± 1.29 y 17.57 ± 1.29 a 24.78 ± 2.57 respectivamente, como se muestra en el cuadro 6. Siendo las dietas 40L-30Y y 40L-45Y las que menor proteína cruda presentaron en heces.

Cuadro 6. Composición nutricional de heces de animales alimentados con dietas de diferentes niveles de inclusión de *Leucaena leucocephala*, en el segundo periodo de medición.

| Parámetros | Tratamientos | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 40L -0Y | 40L -15Y | 40L -30Y | 40L -45Y |
| Materia seca (%) | 98.56 ± 0.76 | 96.43 ± 2.39 | 98.56 ± 1.65 | 96.98 ± 0.60 |
| Materia orgánica (%) | 73.78 ± 2.57 | 73.95 ± 1.09 | 80.99 ± 1.29 | 74.95 ± 1.24 |
| Cenizas (%) | 24.78 ± 2.57 | 22.48 ± 1.09 | 17.57 ± 1.29 | 22.03 ± 1.24 |
| Proteína cruda (%) | 24.50 ± 1.04 | 28.28 ± 1.54 | 23.93 ± 0.45 | 22.89 ± 2.62 |

VII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES

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 *L. 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 seco 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 n viales de plástico de 10 ml, a los que previamente se les añadió una solución des proteinisante a base de ácido metafosforico y ácido 3-methylvalerico y en puso en refrigeración para posterior envió a laboratorio.

7.1. Limitantes

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

Debido al poco 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 *L. 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 programas computarizados, CALRAC, (1994) 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 capacito en el manejar del potenciómetro portátil (HANNA® Instruments, Woonsocket, USA), mismo que fue calibrado con buffer de referencia de pH 4 y 7.

IX. CONCLUSIONES

Los valore obtenidos sugieren que la cantidad de harina de yuca proporcionada puede hacer variar el consumo de alimento y el mejor aprovechamiento de proteína cruda otorgada en la dieta por la *L. leucocephala*.

X. FUENTES DE INFORMACIÓN.

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

Berker H., 1961, The bacteria,1a edición, 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 lebbeck 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

Galindo J., González N., Marrero Y., Sosa A., Ruiz T., Febles G., Torres V., Aldana A., Achang G., Moreira O., Sarduy L. y Noda A.(2014.). Efecto del follaje de plantas tropicales en el control de la producción de metano y la población de protozoos ruminales in vitro. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 48, Número 4. 359-364

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., Ruiz 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, Tomo 48, Número 1, 43-53

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

La O, O., Valenciaga, D., Chongo, B. & Ruiz, O. 2009. Efecto de la combinación de *Tithonia diversifolia* en la cinética y producción de gas in vitro de *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. Informe final de Proyecto CITMA - GEPROP.

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

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

SAS 2015. Specification, Algebra, and Software

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.

Ryan R., 1964, concentrations of glucose and low molecular weight acids in the rumen of sheep changed gradually from a hay to a hayplus-grain diet. Am J. Vet. Res. 25: 653-659

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.