



**Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de la Zona Maya**

**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE *Leucaena
leucocephala* Y *Manihot esculenta* SOBRE EL CONSUMO Y
PH RUMINAL EN OVINOS**

**Reporte Final de Residencia Profesional
que Presenta el C.**

**SÁNCHEZ RAMOS ABEL
N° de Control 12870135**

Ingeniería en Agronomía

Asesor Interno: M. en C. Díaz Echeverría Víctor Francisco



Juan Sarabia, Quintana Roo

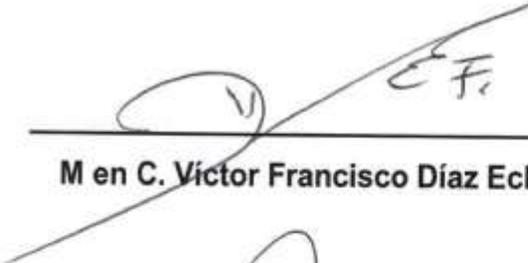
Diciembre 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, **Sánchez Ramos Abel**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por el asesor interno M en C. Díaz Echeverría Víctor Francisco, el asesor externo Dr. Casanova Lugo Fernando, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: **EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE *Leucaena leucocephala* Y *Manihot esculenta* SOBRE EL CONSUMO Y PH RUMINAL EN OVINOS**, 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.

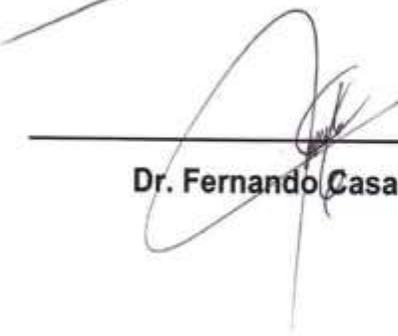
ATENTAMENTE

Asesor Interno



M en C. Víctor Francisco Díaz Echeverría

Asesor Externo



Dr. Fernando Casanova Lugo

Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre, 2016.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, a mí madre la Sra. Ramos Ambrosio Josefa a mis hermanas y hermanos por la motivación a retomar mis estudios sobretodo el apoyo que me han brindado para poder seguir adelante.

A mi padre el Sr. Sánchez Palafox Canuto que ha sido mi ejemplo a seguir, le agradezco la educación y los valores que me inculco para enfrentarme a la vida.

A mis familiares y profesores que de alguna manera fueron partícipes de este largo recorrido lleno de emociones y nuevos conocimientos.

A mis compañeros y amigos Miguel A., Omar, Gabriel y Braulia por su amistad, consejos, apoyo y por compartir experiencias inolvidables, conocimientos y momentos de alegría durante la carrera.

Agradezco al MC. Díaz Echeverría Víctor Francisco por darnos su confianza, amistad, enseñanza y todo el apoyo, al estar pendiente en todo momento. Al Dr. Casanova Lugo Fernando por su motivación en la carrera.

RESUMEN

En Quintana Roo, la producción ovina es afectada por la falta de forrajes de buena calidad nutricional y la suplementación a base de alimentos concentrados, representa una alta inversión económica lo que reduce la producción de carne y otros productos. Una de las alternativas, es la inclusión de leguminosas, en este sentido la *Leucaena leucocephala* es utilizada para alimentar animales, por su alta palatabilidad y buena digestibilidad ruminal. Es importante que se suministre nitrógeno fermentable al rumen, acompañado de una fuente de energía de alta disponibilidad, A este respecto debe resaltarse que la yuca es un recurso alimenticio energético, rica en carbohidratos digeribles en forma de almidones que aportan cantidades de energía digestibles, que supera a los granos de cereales.

Se probó el efecto de niveles crecientes de *Leucaena leucocephala* en fresco y un nivel de energía metabolizable proporcionada con harina de *Manihot esculenta* sobre consumo voluntario y potencial de hidrogeno.

Se utilizaron 4 borregos con peso vivo de 26.63 ± 2.39 kg., alojados en jaulas metabólicas y alimentados a base de 4 dietas experimentales, que fueron distribuidos en un diseño de cuadrado latino. Los parámetros evaluados fueron, el consumo de MS (g animal día⁻¹), el consumo de MS porcentaje PV (%), el consumo de MS (g kg^{0.75}) y el pH.

Los valores de consumo de MS (g animal día⁻¹) fluctuaron de 1923.13 ± 119.18 a 1991.85 ± 158.85 , el consumo de MS %PV estuvo de 6.66 ± 0.53 a 7.97 ± 1.11 , los valores de consumo de MS (g kg^{0.75}) se encuentran entre 155.78 ± 12.42 a 177.71 ± 24.71 y el pH fluctuó de 6.20 a 6.99. Por lo que se concluye que la inclusión de EM en harina de yuca mejora el consumo en ovinos alimentados con *Leucaena leucocephala*, sin alterar el PH.

INDICE

INDICE DE CUADROS.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESCRIPCION DE LA EMPRESA	2
III. PROBLEMAS A RESOLVER.....	3
IV. OBJETIVOS	4
4.1 Objetivo general	4
4.2 Objetivos específicos	4
V. JUSTIFICACIÓN.....	5
VI. MARCO TEÓRICO.....	8
VII. PROCEDIMIENTO	10
7.1 Animales.....	10
7.2 Jaulas y corrales	10
7.3 Alimentación	10
7.4 Tratamientos.....	11
7.5 Parámetros medidos	11
7.6 Elaboración de la harina de yuca	11
7.7 Obtención de <i>Leucaena</i>	12
7.8 Manejo experimental	12
7.8.1 Determinación del consumo voluntario	12
7.8.2 Recolección de orina.....	13
7.8.3 Recolección de heces.....	13
7.8.4 Recolección de líquido ruminal.....	14
7.8.5 Determinación de pH	14
7.8.6 Parámetros estadísticos medidos.....	15
VIII. RESULTADOS	16
IX. CONCLUSIONES.....	18
X. COMPETENCIAS DESARROLLADAS	19
XI. FUENTES DE INFORMACIÓN	20

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Consumo de MS de borregos con 45 % EM en harina de <i>M. esculenta Crantz</i> y niveles variables de <i>L. leucocephala</i> en fresco en la primera medición.	16
Cuadro 2. Consumo de MS de borregos con 45 % EM en harina de <i>M. esculenta Crantz</i> y niveles variables de <i>L. leucocephala</i> en fresco en la segunda medición.....	16
Cuadro 3. Consumo de MS de borregos con 45 % EM en harina de <i>M. esculenta Crantz</i> y niveles variables de <i>L. leucocephala</i> en fresco en la tercera medición.....	17
Cuadro 4. Consumo de MS de borregos con 45 % EM en harina de <i>M. esculenta Crantz</i> y niveles variables de <i>L. leucocephala</i> en fresco en la cuarta medición.....	17
Cuadro 5. Potencial de hidrogeno de borregos con 45 % EM en harina de <i>M. esculenta Crantz</i> y niveles variables de <i>L. leucocephala</i> en fresco.....	17

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de rumiantes en el trópico se han basado principalmente en la utilización de pastos y forrajes como fuente básica de la alimentación (Clavero *et al*, 1995). Sin embargo los sistemas de producción ovina basados en monocultivos de pasturas representan varias limitantes, entre las que destacan la baja calidad y la disponibilidad irregular del forraje, limitando el correcto funcionamiento ruminal y la producción animal principalmente de animales en pastoreo (Solorio y Solorio, 2008). Pues debe de considerarse que en las regiones tropicales, las gramíneas naturales o cultivadas, experimentan una marcada fluctuación en la cantidad cultivada y la calidad nutritiva a lo largo del año, dado que en la época de secas el rendimiento del forraje es bajo, mientras que en la época de lluvia, el exceso de humedad y las altas temperaturas aceleran la maduración de las plantas disminuyendo la calidad nutritiva (Bosman *et al*, 1990). Así mismo los pastos tropicales presentan una baja digestibilidad (30-40%) y bajo contenido de proteína (menor al 7%), aunado a que su consumo, representa la ingestión de grandes cantidades de celulosa que sobre pasan el 60% de la materia seca (MS) y lignina, lo que provocan una reducción de la tasa de pasaje y un mayor tiempo de retención en el rumen (Kennedy y Charmley, 2012). La baja calidad de la dieta provoca que los animales no demuestren su verdadero potencial de crecimiento, pues la elevada cantidad de fibra detergente neutra (FDN), consumida en los pastos tropicales provocan una mayor producción de metano (CH₄) y por ende pérdidas energéticas en forma de eructó (Johnson y Johnson, 1995).

II. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

El trabajo se realizó en los terrenos que ocupan la posta pecuaria y laboratorio de bromatología, adscritos al Departamento de Ingenierías en la Carrera de Ingeniería en Agronomía del Instituto Tecnológico de la Zona Maya. El Instituto se encuentra localizado a 21.5 kilómetros en la carretera Chetumal a Escárcega en el Ejido Juan Sarabia del municipio de Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo. El área de trabajo se encuentra situada 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 25.8 °c (García, 1993). Se encuentra casi a nivel del mar y su topografía es plana, con predominancia de los suelos *gleisoles haplicos* (Akalche gris) de acuerdo con la clasificación de la FAO, los vientos dominantes son alisios que soplan casi todo el año, pero principalmente en verano (SAGARPA, 2003).

III. PROBLEMAS A RESOLVER

En los trópicos húmedos y subhúmedos como los presentes en el municipio de Othón P. Blanco Quintana Roo, el incremento en el uso de la ganadería intensiva ha provocado una rápida pérdida de las especies propias de la región, causado principalmente por los efectos de la deforestación que representa el establecimiento de nuevas áreas de pastoreo, destinadas a la producción de rumiantes y el mal uso de la quemadas en dichos sistemas. Aunado a esto, se ha comprobado que la producción ganadera basada en la producción de monocultivos está asociada a la pérdida de la productividad de los sistemas ganaderos y daña la biodiversidad que en ellos se maneja, haciéndolos más vulnerable a los cambios climáticos (Casanova *et al*, 2014).

Por lo que en el presente trabajo se probó el uso del follaje de la *Leucaena leucocephala* que es un fuente de proteína barata y más amigable con el medio ambiente, en las dietas de pequeños rumiantes, asociada a un cultivo tropical energético, que contribuye a mejorar el aprovechamiento ruminal del árbol forrajero, pero además con potencial para sustituir a los granos y cereales como la fuente convencional de almidón utilizada en la alimentación animal en el trópico. Tomando en cuenta que los árboles y especies arbustivas no solo contribuyen a la reforestación de las áreas degradadas, sino también proveen una oportunidad de resolver el problema de la baja disponibilidad y calidad del forraje durante la época de secas y mejora el comportamiento animal.

Así mismo el presente trabajo ofreció la oportunidad de reforzar los conocimientos obtenidos en la carrera de ingeniería en agronomía a través del desarrollo de Residencias Profesionales, para encontrar nuevos planteamientos en el uso de los árboles forrajeros, como un medio de aumentar la productividad ganadera de la región. Dado que existe la factibilidad de que los sistemas silvopastoriles intensivos, constituyan una oportunidad de dar un nuevo enfoque a la producción ganadera del estado, haciéndola más amigable con el medio ambiente, pero igual de productivos que los sistemas intensivos de producción, con la ventaja de ser más económicos.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de niveles crecientes de *Leucaena leucocephala* cv. *Cunningham* en fresco en presencia de un nivel adecuado de energía metabolizable proporcionada a través de harina de *Manihot esculenta* Crantz sobre consumo voluntario y potencial de hidrogeno, en dietas para ovinos de pelo en el sur de Quintana Roo.

4.2 Objetivos específicos

Determinar el consumo voluntario de la MS en ovinos de pelo alimentados con niveles crecientes de *Leucaena leucocephala* cv. *Cunningham* en fresco y un nivel adecuado energía metabolizable (EM) proporcionada con harina de *Manihot esculenta* Crantz.

Determinar el potencial de Hidrogeno (pH) en ovinos de pelo alimentados con niveles crecientes de *Leucaena leucocephala* cv. *Cunningham* en fresco y un nivel adecuado EM proporcionada con harina de *Manihot esculenta* Crantz.

V. JUSTIFICACIÓN

En la zona sur del estado de Quintana Roo, la producción ovina 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 carne ovina se encuentran cultivadas con pastos de limitado potencial productivo, que han demostrado ser insuficientes en el aporte de material vegetativo 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 ovino cultor, que en contadas ocasiones resulta rentable, lo que ha contribuido de manera directa a la reducción de la producción de carne y otros productos pecuarios. Sin embargo desde hace varias décadas fue reportado que los follajes y frutos de plantas de climas tropicales, poseen mayores contenidos de proteína cruda (PC) y calidad nutricional que las gramíneas naturales o introducidas, por lo que las especies arbóreas y arbustivas pueden llegar a aportar alrededor del 80 % de la proteína total de la dieta de rumiantes durante la época de estiaje, subsanando de esta manera la baja cantidad y calidad de los pastos, pudiendo incrementar o mantener la productividad animal (Dixon y Egan, 1988).

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 PC, 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 leguminosa arbustiva utilizada principalmente como follaje para alimentar animales, que se adapta bien a los sistemas silvopastoriles, con rendimientos que van de los 6300 a 8300 kg de forraje por Ha, además de que presenta una alta palatabilidad, alto contenido de PC (25.6% de la MS) y un amplio espectro de aminoácidos, lo que conlleva una buena digestibilidad ruminal (Solorio y Solorio, 2008), pudiendo contribuir a satisfacer las necesidades alimenticias de los animales, ya sea mediante el aporte de nitrógeno al rumen para el crecimiento de bacterias celulolíticas, o mediante el

aporte de cierta cantidad de proteína de baja degradación ruminal necesaria para la absorción de aminoácidos directamente en el intestino delgado (Min *et al.*, 2003).

A este respecto debe de hacerse notar, que en la alimentación de rumiantes, es importante que se suministre suficiente nitrógeno fermentable al rumen, con la finalidad de obtener una óptima fermentación de la materia orgánica consumida. Sin embargo el nitrógeno fermentable, debe de ir acompañado de una fuente de energía de alta disponibilidad, con la finalidad de que exista sincronía en la disponibilidad de ambas fuentes en el proceso de fermentación. Por lo que es necesario suministrar una fuente energética de rápida disponibilidad para los rumiantes, cuando se emplea el forraje de especies arbóreas y arbustivas, con la finalidad de hacer más eficiente el metabolismo del nitrógeno amoniacal (NH_3) disponible en el rumen, derivado de la fermentación de la proteína cruda del follaje por parte de las bacterias ruminales.

A este respecto debe resaltarse que la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) es un cultivo tropical con gran potencial de uso en la alimentación animal, por ser la fuente de almidón más barata que existe (COVECA, 2010; Gil y Buitrago 2002), con una producción nacional promedio de 14 toneladas por hectárea, pudiendo alcanzarse un máximo de hasta 32 toneladas por hectárea bajo riego (Zavaris, 2010), siendo estos valores superiores a los promedios de producción reportados para la mayoría de los granos en nuestro país. La yuca es un recurso alimenticio energético, rica en carbohidratos digeribles en forma de almidones (72.81%) y azúcares simples (5.26%) dentro de los tubérculos, mismos que aportan cantidades de energía digestible (ED), que supera ampliamente a los granos de cereales (Buitrago, 2001; Gil y Buitrago, 2002; CLAYUCA, 2004).

Sin embargo aunque existen reportes en la literatura internacional y nacional sobre su cultivo y conversión en insumos para la alimentación de animales en las unidades de producción pecuarias, en nuestra región, es casi nulo su cultivo y utilización en la alimentación. Debido principalmente al desconocimiento de los rendimientos de este cultivo como pienso alimenticio y la composición nutricional de las harinas obtenidas. Así mismo, bajo las condiciones de producción ovina en

los trópicos, se desconoce cuál es el efecto de la inclusión de un nivel adecuado de energía metabolizable en forma de harina yuca en animales alimentados con niveles variados de follaje de *Leucaena*.

Por lo que en el presente trabajo se evaluó el efecto de la inclusión de harina de yuca sobre el consumo de MS y pH ruminal en dietas con niveles variables de follaje fresco de *Leucaena leucocephala* en ovinos pelibuey, bajo las condiciones del sur de Quintana Roo.

VI. MARCO TEÓRICO

El consumo voluntario es uno de los principales estimadores del potencial de los insumos para ser incorporados en la dieta de rumiantes. En este sentido, se ha observado que la inclusión de diversas arbóreas con menor contenido de FDN, lignina y mayor contenido de PC, mejoran el consumo de MS (Piñeiro *et al.*, 2013), esto puede ser debido a que contenidos de PC en la dieta mayores al 7% mejoran el funcionamiento de las bacterias en el rumen (Ruiz y Febles, 2005), por lo tanto cuando los animales son alimentados con follaje de *L. leucocephala*, donde el contenido de PC es mayor a 160 g/kg de MS, el consumo de nutrientes se incrementa debido a que se reduce el consumo de FDN y FDA, como fue reportado al incluir en la dieta (0, 15, 30 y 45% de *L. leucocephala*) de vacas en producción, en las que se observó un aumento en el consumo voluntario de 9.0, 9.92, 10.17 y 11.94 kg/día, respectivamente o niveles más elevados de 0, 25 y 50% donde se observó un aumento en el consumo de MS y PC (Ruiz, 2013). Por otra parte la digestibilidad de los componentes de la ración representa la cantidad de dieta que ha sido digerida en el tracto gastrointestinal, por lo que la degradación ruminal representa la cantidad de material ingerido que ha sido fermentado con potencial para ser asimilado por el animal. En este sentido, los pastos de climas tropicales y en general las gramíneas presentan una baja digestibilidad y degradación ruminal pudiendo ser menor al 50%, resultado del elevado contenido de fracciones fibrosas, principalmente FDN y FDA, las cuales son generalmente mayor al 70% de la MS. Lo que provoca un mayor llenado del rumen y menor capacidad de las bacterias celulíticas para degradar las fracciones fibrosas de los pastos (Ramos *et al.*, 1998).

A este respecto Alayón-Gamboa (1998) menciona que al incluir 0, 10, 20 y 30% de *Gliricidia sepium* se produce un aumento en la digestibilidad de la MS, materia orgánica (MO) y PC, asociado a la mayor cantidad de PC y menor concentración de FDN y FDA. Efectos que son corroborados por Ruiz (2013), quien reporta un incremento en la digestibilidad de la MS y MO, cuando incluyó 0, 15, 30 y 45% de *L. leucocephala*, concluyendo que este aumento en el consumo y digestibilidad de la MO podría mejorar los patrones de fermentación ruminal, incrementando la

concentración molar de los ácidos grasos volátiles (AGV's). Sin embargo por otra parte Piñeiro *et al* (2013) menciona que la inclusión de *L. leucocephala* con niveles de 0, 20, 40, 60 y 80%, no incrementa la digestibilidad de la MS y MO en ovinos pelibuey.

Por otra parte el tipo de dieta proporcionada a los animales también puede hacer cambiar la producción de AGV's en el ambiente ruminal y con ello modificar la población microbiana y el aprovechamiento de los alimentos. A este respecto se ha mencionado que en los rumiantes la producción de metano (CH₄) representa una pérdida de energía que fluctúa entre el 2 al 12% de la energía total consumida, acentuándose esta pérdida en las zonas tropicales, debido a que las gramíneas naturales e introducidas contienen altas proporción de compuestos estructurales entre ellos la FDN, FDA y lignina, que reducen la tasa de pasaje y aumentan las emisiones de CH₄ (Kennedy y Charmley, 2012; Archimède *et al.*, 2011). Sin embargo el follaje de algunas especies como *Leucaena leucocephala* contienen taninos condensados (TC) y saponinas esteroidales que juegan un papel directo e indirecto en la degradación de la PC de la dieta y en el ambiente ruminal (Galindo *et al.*, 2007). En este sentido los TC y las saponinas tienen la capacidad de modificar la fermentación en el rumen y reducir la población de protozoarios (Soliva *et al.*, 2008) y de acuerdo con Mao *et al.* (2010), pueden reducir las poblaciones de bacterias metanogénicas en el rumen. La reducción de la población protozoaria y bacteriana en el rumen por la acción de metabolitos secundarios está relacionada con disminución de las emisiones de CH₄ (Animut *et al.* 2008), que puede alcanzar valores del 25 al 30% (Díaz *et al.*, 2013). Se ha observado que con la adición de concentraciones crecientes de metabolitos secundarios en dietas de rumiantes alimentados a base de pasto tropical, su consumo voluntario y la digestibilidad de la MS, MO, FDN y FDA, se ve afectado (Bhatta *et al.*, 2013). De la misma forma se ha reportado que la concentración proporcional de AGV's se ve afectada, dependiendo el nivel de inclusión de TC y saponinas, contenidas en follajes de árboles tropicales proporcionados en la dieta (Hassanat y Benchaar 2013).

VII. PROCEDIMIENTO

7.1 Animales

Se utilizaron 4 borregos machos con cruzamiento de las razas Peli buey y Black Belly, obtenidos en ranchos de la región, con un peso vivo promedio de 30 ± 2.00 Kg, Los animales fueron desparasitados con Iverfull (Ivermectina al 1%) a razón de 1 ml por cada 50 kg de peso vivo, closantel (closantil 5%) y vitaminados con vigantol (ADE + Complejo B), utilizando 1 ml por cada 10 kg de pesos vivo.

7.2 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 estructura metálica, con dimensiones de 0.70 m de ancho por 1.50 m de largo, con piso intermedio de 1.20 m de alto y una altura total de 2.20 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 metálica y cubierta plástica.

7.3 Alimentación

La alimentación de los animales se realizó a base de 4 dietas experimentales, elaboradas con niveles creciente de *Leucaena leucocephala* en fresco y una cantidad fija de harina de yuca, (45% de la energía metabolizable), maíz molido, pasta de soya, melaza de caña, y sal mineral, mismos que fueron balanceados para llenar los requerimientos propuestos del AFRC (1993) para MS, EM y PC. Las cantidades ofrecidas fueron estimadas para llenar un consumo diario de 4% del peso vivo más un 15% de rechazo. La dietas fueron elaboradas 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 contenido de MS, MO, Cenizas y PC, por el método descrito de García (1973) y ajustado por las correcciones hechas por AOAC (1995), la FDN, el Contenido Celular y Sílice, se obtuvieron mediante el

procedimiento descrito por Van Soest *et al.* (1991), en el laboratorio de Bromatología del Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

7.4 Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron el resultado de la combinación de 0, 10, 20 y 30 % de *Leucaena* (MS de la dieta) ofrecida en fresco y un nivel fijo de 45% de EM con harina de *Manihot esculenta Crantz*, resultando las dietas experimentales.

T1	=	0%	<i>Leucaena</i>	–	45%	EM	en	harina	de	yuca
T2	=	10%	<i>Leucaena</i>	–	45%	EM	en	harina	de	yuca
T3	=	20%	<i>Leucaena</i>	–	45%	EM	en	harina	de	yuca
T4	=	30%	<i>Leucaena</i>	–	45%	EM	en	harina	de	yuca

Mismas que fueron distribuidos en un diseño de cuadrado latino, con dos factores a eliminar, numero de animal y tiempo de medición.

7.5 Parámetros medidos

Los parámetros medidos durante el proceso experimental fueron.

El consumo de MS (g animal día⁻¹).

El consumo de MS porcentaje PV (%)

El consumo de MS (g kg^{0.75}).

El potencial de Hidrogeno en líquido ruminal (pH).

7.6 Elaboración de la harina de yuca

Para la obtención del tubérculo de yuca, se estableció una parcela de 2,500 m², misma que fue preparada mediante un paso de subsuelador con la finalidad de eliminar las raíces u otro material residual. Posteriormente se pasó la rastra pesada y dos pases de rastra ligera cruzadas, con la finalidad de aflojar el suelo. Para el establecimiento del cultivo se utilizó material vegetativo (estacas) de un cultivar de *Manihot esculenta Crantz*, mismo que se cortó de manera manual en una parcela en producción del Instituto Tecnológico de la Zona Maya, con un

periodo de establecimiento mayor a 150 días y se sembró a una distancia entre surcos y plantas de 1 m, tapando de manera manual.

Para la elaboración de la harina, se cosechó el tubérculo en verde, que fue lavado y picado con machete para crear rodajas de aproximadamente 2 cm de grosor, el material picado se colocó en charolas de aluminio y se secó en una 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, fue molido en criba de 3 mm en un molino de martillos.

7.7 Obtención de *Leucaena*

Para la obtención de *Leucaena* se cosechó la hoja y tallo tierno de una parcela de una hectárea de *Leucaena leucocephala* cv. *Cunningham* asociada en un sistema silvopastoril con *Cynodom plestostachea*. El material cosechado fue picado con machete, posteriormente pesado y ofrecido en fresco.

7.8 Manejo experimental

Las actividades de manejo experimental se dividieron en determinación del consumo voluntario,

7.8.1 Determinación del consumo voluntario

Al principio de cada periodo de medición, se pesaron los animales 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 $\text{Kg de PV}^{0.75}$ y se multiplicará por 0.097 para obtener los kg de MS proporcionados por día. Para ajustar la cantidad de alimento ofrecido en fresco, se tomó en cuenta la MS del alimento preparado y se ofreció 15% más para asegurar el consumo máximo por animal por día. En los periodos de acostumbramiento (10 días) el alimento fue pesado en báscula colgante y se anotó en las hojas de registro cada día a las 8:00 am. A las 7:30 am del día siguiente se recogió los residuos de la dieta y se registró, con los valores de alimento consumido y alimento rechazado se estimó el

consumo de alimento por animal por día. 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 de MS como porcentaje del peso vivo (% PV) y el consumo de MS por kilogramo de peso metabólico (g/Kg^{0.75}).

7.8.2 Recolección de orina

En los periodos de medición (6 días) se colocaron los contenedores para orina desde las 8:00 de la mañana, una vez concluida la limpieza, con la finalidad de recolectar el total del volumen de orina secretada en el día. Previamente fue añadido al contenedor ácido sulfúrico al 10% en volúmenes, con la finalidad de mantener un pH de 2 a 3 en la orina recolectada, mismo que se midió con un potenciómetro portátil previamente calibrado. A las 7:30 horas del día siguiente, se midió en un vaso de precipitado el volumen total de orina producida y se anotó las hojas de registro, se homogenizó mediante agitación y se colectó una alícuota 100 ml del volumen total producido en un frasco de muestreo con tapa y se identificó con los datos del animal, tipo de dieta, periodo y día de muestreo, para inmediatamente almacenarla en congelamiento a -3°C en el laboratorio de bromatología. Al final de cada periodo de medición se mezcló el total de orinas producidas, en frascos de plástico transparente y se tomó un sub muestra de aproximadamente el 10%, que fue analizada en el laboratorio de bromatología para la determinación de su contenido nitrógeno por el método descrito de García (1973) y ajustado por las correcciones hechas por AOAC (1995).

7.8.3 Recolección de heces

En los periodos de medición se colocaron a los animales arneses de cuero, con los que se fijaron los sacos de recolección de heces, dicho procedimiento se realizó a las 8:00 am de cada día de medición. A las 7:30 horas del día siguiente, se retiraron 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. Posteriormente se homogenizaron las heces mediante mezclador y recolecto una muestra de aproximadamente el 10% en una bolsa con doble cierre tipo ziploc, la bolsa se marcó con los datos del animal, tipo de dieta, periodo y día de muestreo e inmediatamente fue almacenada en congelamiento a -3°C en el laboratorio de bromatología. Al final de cada periodo de medición se mezcló el total de heces producidas, se pesó y distribuyó en charolas de aluminio previamente taradas, mismas que fueron introducidas a una estufa de aire forzado a 60 °C por 36 horas, con la finalidad de secar la muestra y determinar materia seca de la misma, posteriormente, se tomó una sub muestra de aproximadamente el 10%, que fue molida en criba de 1 mm y transportada al laboratorio de bromatología para la determinación de su contenido de MS, MO, cenizas y PC por el método descrito de García (1973) y ajustado por las correcciones hechas por AOAC (1995), la FDN, contenido celular y sílice, se obtuvieron mediante el procedimiento descrito por Van Soest *et al*, (1991).

7.8.4 Recolección de líquido ruminal

Al cuarto día de medición se extrajo mediante sonda esofágica 30 ml de líquido ruminal a las 8:00 horas después de haber ofrecido el alimento del día (posteriores a la alimentación), de acuerdo con la técnica descrita por Hales *et al*, (2014). El líquido extraído fue filtrado en doble gasa y se almacenó en un frasco de muestreo con tapa, que se marcó con los datos del animal, tipo de dieta, periodo y día de muestreo, para inmediatamente almacenarla en refrigeración a 4°C en el laboratorio de bromatología.

7.8.5 Determinación de pH

El pH se midió 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.

7.8.6 Parámetros estadísticos medidos

Con los valores obtenidos de consumo de MS, potencial de hidrogeno, en cada dieta experimental se determinó el promedio y desviación estándar de cada parámetro en medición durante las 4 mediciones realizadas.

VIII. RESULTADOS

Los valores de la primera medición en consumo de materia seca (g animal día⁻¹) fluctuaron de 1923.13 ± 119.18 a 1991.85 ± 158.85. Así mismo el consumo de materia seca como porcentaje del PV (%) estuvo de 6.66 ± 0.53 a 7.97 ± 1.11. Los valores de consumo de materia seca (g kg^{0.75}) se encuentran entre los valores de 155.78 ± 12.42 a 177.71 ± 24.71. Como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Consumo de MS de borregos con 45 % EM en harina de *M. esculenta* Crantz y niveles variables de *L. leucocephala* en fresco en la primera medición.

Parámetro	Tratamientos			
	0 L - 45 Y	10 L - 45 Y	20 L - 45 Y	30 L - 45 Y
Consumo MS (g animal día ⁻¹)	1968.97 ± 273.75	1970.15 ± 342.60	1991.85 ± 158.85	1923.13 ± 119.18
Consumo MS porcentaje PV (%)	7.97 ± 1.11	7.32 ± 1.27	6.66 ± 0.53	7.69 ± 0.48
Consumo MS (g kg ^{0.75})	177.71 ± 24.71	166.80 ± 29	155.78 ± 12.42	172.01 ± 10.66

Los valores de la segunda medición en consumo de MS (g animal día⁻¹) fluctuaron de 1993.10 ± 77.02 a 2224.72 ± 116.41. Así mismo el consumo de MS porcentaje PV (%) estuvo de 6.20 ± 0.41 a 6.60 ± 0.26. Los valores de consumo de MS (g kg^{0.75}) se encuentra entre los valores de 148.81 ± 9.82 a 156.62 ± 8.20 como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2.- Consumo de MS de borregos con 45 % EM en harina de *M. esculenta* Crantz y niveles variables de *L. leucocephala* en fresco en la segunda medición.

Parámetros	Tratamientos			
	0 L - 45 Y	10 L - 45 Y	20 L - 45 Y	30 L - 45 Y
Consumo MS (g animal día ⁻¹)	1993.90 ± 177.42	1993.10 ± 77.02	2058.25 ± 135.85	2224.72 ± 116.41
Consumo MS porcentaje PV (%)	6.39 ± 0.57	6.60 ± 0.26	6.20 ± 0.41	6.47 ± 0.34
Consumo MS (g kg ^{0.75})	151.04 ± 13.44	154.71 ± 5.98	148.81 ± 9.82	156.62 ± 8.20

Los valores de la tercera medición en consumo de MS (g animal día⁻¹) fluctuaron de 1349.25 ± 83.44 a 2904.88 ± 370.49. Así mismo el consumo de MS porcentaje PV (%) estuvo de 4.45 ± 0.28 a 8.12 ± 0.75. Los valores de consumo de MS (g kg^{0.75}) se encuentra entre los valores de 104.47 ± 6.46 a 195.22 ± 24.90 como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3.- Consumo de MS de borregos con 45 % EM en harina de *M. esculenta* Crantz y niveles variables de *L. leucocephala* en fresco en la tercera medición.

Parámetros	Tratamiento			
	0 L - 45 Y	10 L - 45 Y	20 L - 45 Y	30 L - 45 Y
Consumo MS (g animal día ⁻¹)	2904.88 ± 370.49	2532.92 ± 232.70	1349.25 ± 83.44	1984.95 ± 347.78
Consumo MS porcentaje PV (%)	7.94 ± 1.01	8.12 ± 0.75	4.45 ± 0.28	6.07 ± 1.06
Consumo MS (g kg ^{0.75})	195.22 ± 24.90	191.87 ± 17.63	104.47 ± 6.46	145.16 ± 25.43

Los valores de la cuarta medición en consumo de MS (g animal día⁻¹) fluctuaron de 1615.13 ± 96.07 a 2837.52 ± 136.74. Así mismo el consumo de MS porcentaje PV (%) estuvo de 5.26 ± 0.31 a 7.45 ± 0.38. Los valores de consumo de MS (g kg^{0.75}) se encuentra entre los valores de 123.84 ± 7.37 a 182.49 ± 9.28 como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4.- Consumo de MS de borregos con 45 % EM en harina de *M. esculenta* Crantz y niveles variables de *L. leucocephala* en fresco en la cuarta medición.

Parámetro	Tratamiento			
	0 L - 45 Y	10 L - 45 Y	20 L - 45 Y	30 L - 45 Y
Consumo MS (g animal día ⁻¹)	2687.65 ± 136.74	2837.52 ± 266.19	2180.65 ± 70.70	1615.13 ± 96.07
Consumo MS porcentaje PV (%)	7.45 ± 0.38	7.22 ± 0.68	6.36 ± 0.21	5.26 ± 0.31
Consumo MS (g kg ^{0.75})	182.49 ± 9.28	180.78 ± 16.96	153.86 ± 4.99	123.84 ± 7.37

Los valores del potencial de hidrogeno (pH) en la primera medición fluctuaron de 6.20 a 6.99. Así mismo en la segunda medición estuvo 6.35 a 6.95. En la tercera medición los valores se encuentran entre 6.79 a 7.74. Los valores de la cuarta medición se encuentran entre 6.69 a 7.76 como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5.- Potencial de hidrogeno de borregos con 45 % EM en harina de *M. esculenta* Crantz y niveles variables de *L. leucocephala* en fresco.

Parámetros	Tratamientos			
	0 L - 45 Y	10 L - 45 Y	20 L - 45 Y	30 L - 45 Y
Primera Medición	6.99	6.20	6.52	6.85
Segunda Medición	6.95	6.88	6.94	6.35
Tercera Medición	7.74	7.73	7.02	6.79
Cuarta Medición	7.76	7.61	6.69	6.71

IX. CONCLUSIONES

En el consumo de materia seca, mostrado por los animales en evaluación, se puede concluir que los valores obtenidos están por encima de los valores mostrados por animales alimentados exclusivamente con gramíneas. Por lo que la inclusión de los niveles de *Leucaena Leucocephala* y *Manihot esculenta Crantz* mejoran el consumo de ovinos en la región.

Los valores obtenidos en los animales evaluados para el consumo de MS en porcentaje de peso vivo (PV) están ligeramente por encima de los animales de la región alimentados exclusivamente con gramíneas por lo que nos muestra que la inclusión de los niveles de *Leucaena Leucocephala* y *Manihot esculenta Crantz* mejoran el consumo en animales de la región.

Así mismo se puede concluir que el potencial de hidrogeno (pH) mostrado por los animales en evaluación, mantienen el pH ruminal.

X. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Manejo de ovinos en jaulas metabólicas

Elaboración de harina de *Manihot esculenta Crantz*

Elaboración de dietas

Extracción de líquido ruminal

Aplicación de medicamentos

Manejo de datos y registros

Procesar datos en la computadora

XI. FUENTES DE INFORMACIÓN

AFRC. 1993. Energy and Protein Requieriments of Ruminants. CAB International. Wallingford, UK. pp. 97-159.

Animut G, Puchala R, Goetsch A. L, Sahlut T, Varel V. H, Well J. 2008. Methane emisión by goats consuming diets whit differents levels of condensed tannins from lespedeza. Animal Feed Science and Tech nology 144: 212-227.

Archimedes H., Eugene M., MARIE M. C., Boval M., Murcin D. P., Morgavi D. P., Lecomte p. Doreau. 2011. Comparison of methape produccion between C₃ an C₄ grasses and legumes, animal feed sciencie and technology vol.166: 59-64.

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1995. Methods of analysis. 15th Edition. Washington DC. pp. 12-44.

Bhatta R, Enish O, Yabumoto Y, Nonaka I, Takusari N, Higuchi K. 2013. Methane reduction and energy partitioning ingoats fed two concentration of tannin from Mimosa ssp. Journal Agriculture Science Cambriht 151: 119-128.

Bosman H. G, Castillo G. E, Valles M. B y De Lucía G. R. (1990). Composición botánica y nodulación de leguminosas en las pasturas nativas de la planicie costera del Golfo de México. Pasturas Tropicales 12. pp. 2-8.

Buitrago J. (2001). La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional d Agricultura Tropical (CIAT). Colombia. 446p

Casanova L. F, Petita J, Solorio S. F, Parsons D, Ramírez A. L. (2014). Forage yield and quality of Leucaena leucocephala and Guazuma ulmifolia in mixed and pure fodder Banks systems in Yucatán, México. Agroforestry Systems vol. 88. 29-39.

Clavero I, Bolívar M, Gutiérrez D, Razz R, Araugo F. D, y Rodríguez A. (1995). Consumo y balance de nitrógeno en ovinos suplementados con mata ratón (*Gliricidia Scepium*). *Revista Argentina de Producción Animal* 15: 411- 425.

Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (COVECA). (2010). Monografía de la yuca. Gobierno del Estado de Veracruz. pp. 1-21.

Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA). (2004). Una alternativa en la alimentación para los cerdos. Yuca por maíz en dieta porcina. Edición 6. 23-29

Díaz G, Tavares P. M, Oliveira B. B, Primavesi O, Longo C, McManu C, Addalla A, Louvandini H. 2013. Tropical tanniferous legumes used as an option to mitigate sheep enteric methane emission. *Tropical Animal Health Production* 45: 879-882.

Dixon R. M, and Egan A. R. 1988. Strategies for optimizing use of fibrous crop residues as animal feed. In: Dixon R.M (ed) *Ruminant Feeding Systems Utilizing Fibrous Agricultural Residues*. International Development Program of Australian Universities and Colleges, Canberra, Australia. pp. 11-26.

Galindo J, Garcia C, Marrero Y, Castillo E, Aldana A.L, Torres V. & Sarduy L. 2007. Effect the composition of a grassland of *Leucaena leucocephala* whit grasses on the microbial rumen population of bulls. *Cuban Journal of Agriculture Science* 41: 137.

García M. (1973). Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen. México. UNAM. pp. 243.

Gil J.L, Buitrago J. A. (2002). La yuca en el tercer milenio; Utilización de la yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura (CIAT). 590-620.

Hassanat F. Benchaar C. 2013. Assessment of effect of condensed (Acacia and quebracho) and hydrolysable (Chestnut and valonea) tannins on rumen fermentation and methane production invitro. *Journal Science Food Agriculture* 93: 332-339.

Hales K. E, Brown B. T, Freetly H. C. 2014. Effects of decreased dietary roughage concentration on energy metabolism and nutrient balance in finishing beef cattle. *Journal Animal Science* 92: 262-271.

Johnson K.A, & Johnson D.E. 1995. Methane emission from cattle. *Journal Animal Science* 73:2483.

Kennedy P. M, Charmley E. 2012. Methane yields Brahman cattle fed tropical grasses and legumes. *Animal Production Science* 52: 225-239.

Mao L.H, Wang J.K, Zhou Y. Y, Liu X.J. 2010. Effects of addition of tea saponins and soybean oil on methane production, fermentation and microbial population in the rumen of growing lambs. *Livestock. Science.* 129: 56-62.

Min B. R, Barry T. N, Attwood G. T, Macnabb W. C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: A review. *Animal Feed Science and Technology* 106: 3-19.

Olivares P. J, Avilés N. F, Albarran P. B, Castelán O. A, Rojas H. S. (2013). Use of three fodder trees in the feeding of goats in the subhumid tropics in Mexico. *Tropical Animal Health Production* 45: 821–828.

Piñeiro A.T, Ayala A.J, Chay A.J, Ku J.C. 2013. Dry matter intake and digestibility of rations replacing concentrates with graded leves of *Enterolobium cyclocarpun* in Pelibuey lambs. *Tropical Animal Health Production* 45: 577-583.

Ramos G, Frutos P, Giraldez F.J, Mantecón. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. Archivos de Zootecnia 47: 597-620.

Ruiz T. E, y Febles G. 2005. Sistemas silvopastoriles. Conceptos y tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba. EDICA. San José de las Lajas, Cuba. pp. 34-46.

Ruiz G. A. 2013. Balance de nitrógeno y composición de la leche de vacas alimentadas con *Leucaena leucocephala*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp. 36-41.

Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2003). Evaluación de los programas de fomento ganadero de la alianza para el campo. Available at <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/ganind2.htm>.

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.

Zavaris R. B. M. (2010). Bioetanol de yuca. Secretaría de Educación Pública 20:51.