

Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE *Leucaena leucocephala* Y *Manihot esculenta* SOBRE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE Y POBLACIÓN PROTOZOARIA EN OVINOS DE PELO

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

**TORRES CRUZ BRAULIA
N° de Control 12870102**

Ingeniería en Agronomía

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

Juan Sarabia, Quintana Roo

Diciembre 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

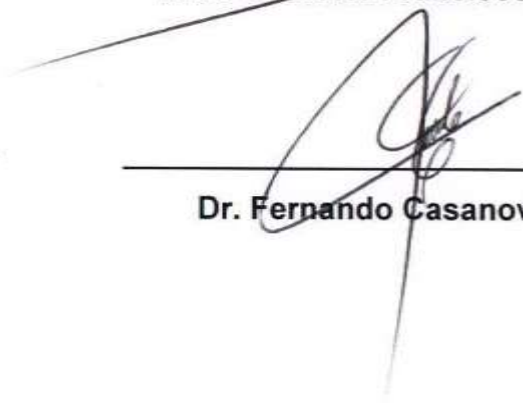
El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, **Braulia Torres Cruz**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por el asesor interno M en C. Víctor Francisco Díaz Echeverría, el asesor externo el Dr. Fernando Casanova Lugo, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: **EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE *Leucaena leucocephala* Y *Manihot esculenta* SOBRE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE Y POBLACIÓN PROTOZOARIA EN OVINOS DE PELO**, 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.

A T E N T A M E N T E

Asesor Interno


M en C. Víctor Francisco Díaz Echeverría

Asesor Externo


Dr. Fernando Casanova Lugo

Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre, 2016.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

Le doy gracias a mis padres el señor Nicolas Torres Lopez y la Señora Maria Cruz Diaz por apoyarme em todo momento, por los valores que me han enseñado y por haberme dado la oportunidad de una buena educación.

A mis hermanos por ser parte de mi vida en especial a Sofia y a Manuel por apoyarme en todo y llenar mi vida de alegría cuando, mas ló e necesitado.

A Juanito, por ser parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en lãs malas, sobre todo por su paciência y amor incondicional.

Agradezco a todos mis compañeros que participaron conmigo en este trabajo; de igual manera agradezco la cofianza, El apoyo y dedicacion de tiempo a mis profesores : El M.C. Diaz Echeverria Victor Francisco y El Dr. Casanova Lugo Fernando. Por Haber compartido conmigo sus conocimientos y experiencias.

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, consumo de MS, MO y PC.

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 (%), consumo de MO (g animal día⁻¹) y consumo de PC (g animal día⁻¹).

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO	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.....	7
VII. PROCEDIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	9
7.1 Animales	9
7.2 Jaulas y corrales.....	9
7.3 Alimentación.....	9
7.4 Tratamientos.....	10
7.5 Parámetros medidos	10
7.6 Elaboración de la harina de yuca.....	11
7.7 Obtención de <i>Leucaena</i>	11
7.8 Manejo experimental	11
7.8.1 Determinación del consumo voluntario	12
7.8.2 Recolección de orina.....	12
7.8.3 Recolección de heces	13
7.8.4 Determinación de la digestibilidad aparente.....	14
7.8.5 Recolección de líquido ruminal	14
7.8.6 Determinación de micro organismo	15
VIII. RESULTADOS	16
IX. CONCLUSIONES.....	21
X. COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	22
XI. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	23

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Digestibilidad aparente de dietas con niveles crecientes de <i>L. leucocephala</i> y un nivel de Energía Metabolizable en <i>Manihot esculenta</i> en la primera medición.....	16
Cuadro 2. Digestibilidad aparente de dietas con niveles crecientes de <i>L. leucocephala</i> y un nivel de Energía Metabolizable en <i>Manihot esculenta</i> en la segunda medición.....	17
Cuadro 3. Digestibilidad aparente de dietas con niveles crecientes de <i>L. leucocephala</i> y un nivel de Energía Metabolizable en <i>Manihot esculenta</i> en la tercera medición.....	18
Cuadro 4. Digestibilidad aparente de dietas con niveles crecientes de <i>L. leucocephala</i> y un nivel de Energía Metabolizable en <i>Manihot esculenta</i> en la cuarta medición.....	19

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 provoca una mayor producción de metano (CH₄) y por ende pérdidas energéticas en forma de eructo (Johnson y Johnson, 1995).

II. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO

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 localizado en el plantel, 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 con 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 quemas 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 (Olivo *et al*, 2013).

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 arboles 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 la digestibilidad aparente, y población protozoaria, en dietas para ovinos de pelo en el sur de Quintana Roo.

4.2 Objetivos específicos

Determinar la digestibilidad aparente de los principales componentes nutricionales 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.

Determinar el contenido de protozoarios en líquido ruminal de 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 ovinocultor, 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), 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

fuerza 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).

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 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 mismo 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 DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

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 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.

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 4 dietas experimentales, elaboradas con niveles creciente de inclusión de harina de *Leucaena leucocephala* en fresco 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 (1996) 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. Las 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, el Contenido Celular y Sílice, se obtendrá 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 que se evaluaron 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 yuca (*Manihot esculenta Crantz*) en las dietas experimentales.

T1 = 0% *Leucaena* – 45% EM en harina de yuca

T2 = 10% *Leucaena* – 45% EM en harina de yuca

T3 = 20% *Leucaena* – 45% EM en harina de yuca

T4 = 30% *Leucaena* – 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.

La digestibilidad aparente de la MS (%)

La digestibilidad aparente de la MO (%)

La digestibilidad aparente de la PC (%)

La digestibilidad aparente de la FDN (%)

La digestibilidad aparente del Contenido Celular (%)

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 realizó un pase de 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 fue cortado 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 tubérculo en verde, que fueron lavados y picados con machete 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 en un molino de martillos.

7.7 Obtención de *Leucaena*

Para la obtención de la *Leucaena* se cosechó las hojas y los tallos tiernos 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 del manejo experimental fueron divididas para determinar la digestibilidad de los componentes nutricionales de la dieta y el contenido de protozoarios en líquido ruminal.

7.8.1 Determinación del consumo voluntario

Al principio de cada periodo de medición, se pesaron los animales en báscula electrónica colgante y se anoto el peso en el registro individual de cada animal, posteriormente se calculo el peso metabólico mediante la fórmula $\text{Kg de PV}^{0.75}$ y se multiplico por 0.097 para obtener los kg de MS a proporcionar por día. Para ajustar la cantidad de alimento a ofrecer en fresco, se tomo en cuenta la MS del alimento preparado y se ofrecerá 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 anoto en las hojas de registro a las 8:00 am de cada día. A las 7:30 am del día siguiente, se recogio los residuos de la dieta y se registro, con los valores de alimento consumido y alimento rechazado se estimo el consumo de alimento por animal por día. En los periodos de medición (6 días) se realizo 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 estimo el consumo como porcentaje del peso vivo (% PV) y el consumo de MS por kilogramo de peso metabólico ($\text{g/Kg}^{0.75}$).

7.8.2 Recolección de orina

En los periodos de medición (6 días) se pusieron 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 se añadió al contenedor ácido sulfúrico al 10% en volúmenes, con la finalidad de mantener un pH de 2 a 3 en la orina recolectada, mismos que se midieron 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 anotaron en las hojas de registro, se homogenizó mediante agitación y se recolectó una alícuota de aproximadamente el 10% del volumen total producido en

un frasco de muestreo con tapa y se identificaron 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 una submuestra de aproximadamente el 10%, que fue analizada en el laboratorio de bromatología para la determinación de su contenido nitrógeno.

7.8.3 Recolección de heces

En los periodos de medición se les colocó 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 anotaron en las hojas de registro. Posteriormente se homogenizó las heces mediante mezclado y se recolectó una muestra de aproximadamente el 10% en una bolsa con doble cierre tipo ziploc, las bolsas fueron marcadas con los datos del animal, tipo de dieta, periodo y día de muestreo e inmediatamente se almacenaron 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 pesaron y se distribuyeron 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 submuestra 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 obtendrá mediante el procedimiento descrito por Van Soest et al, (1991).

7.8.4 Determinación de la digestibilidad aparente

La digestibilidad aparente de la MS, MO, cenizas, PC, FDN, contenido celular y sílice, será estimada mediante las fórmulas:

(Consumo MS – Excreción MS)

$$\% \text{ DMS} = \frac{\text{Consumo MS} - \text{Excreción MS}}{\text{Consumo MS}} \times 100$$

Consumo MS

Dónde:

DMS = Digestibilidad de la MS

$(X_A - X_H) + (X_H) * (DMS)$

$$\% \text{ DX} = \frac{(X_A - X_H) + (X_H) * (DMS)}{X_A} \times 100$$

X_A

Donde:

DX = Digestibilidad del componente X

DMS = Digestibilidad de la MS

X_A = % del componente X en el alimento

X_H = % del componente X en las heces

7.8.5 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 se filtró en doble gasa y se almacenó en un frasco de muestreo con tapa, que se marcaron 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.

7.8.6 Determinación de micro organismo

Del líquido ruminal filtrado y almacenado en frascos con tapa, se homogenizó y se extrajo con pipeta volumétrica 4 ml de muestra, que fueron mezclados con 4 ml de una solución FMNS de verde de metilo, en viales de 10 ml previamente forrados con cinta aislante, para proteger la muestra de la luz. El conteo de protozoarios y la clasificación por géneros se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Hales et al (2014) en cámara de Newbawer utilizando un microscopio de contraste de fase con objetivo de 40x.

VIII. RESULTADOS

Cuadro 1. Digestibilidad aparente de dietas con niveles crecientes de *L. leucocephala* y un nivel de Energía Metabolizable en *Manihot esculenta* en la primera medición.

PARAMETRO	0L-45Y	10L-45Y	20L-45Y	30L-45Y
Consumo de MS ($g/animal^{-1}/dia^{-1}$)	1282.58 ±133.19	1443.58 ±219.63	1490.46 ±112.65	1337.68± 116.65
Digestibilidad de MS $MS(g/kg^{-1})$	785.38 ±37.32	834.05± 25.59	838.07±21.93	774.42±62.50
Consumo de MS digerida ($gMS^{-1}dia^{-1}$)	1010.95±153.41	1203.33± 179.75	1249.91± 109.27	1038.02± 143.46
Digestibilidad de MS (%)	96.66± 0.32	97.74±0.34	98.20 ±0.15	98.11± 0.16
Consumo de MO ($g/animal^{-1}/dia^{-1}$)	1721.49 ±238.68	1740.33± 300.46	1743.60±138.69	1676.72± 102.21
Digestibilidad de MO $MO(g/kg^{-1})$	686.49± 67.66	652.26± 51.50	583.95± 51.59	394.22± 144.53
Consumo de MO digerida ($gMO^{-1}dia^{-1}$)	1194.58 ±288.37	1134.56±204.79	1019.88± 131.19	660.12± 247.77
Digestibilidad de MO (%)	95.14± 0.62	95.24± 0.79	95.36 ±0.38	94.91± 0.30
Consumo de PC ($g/animal^{-1}/dia^{-1}$)	314.49± 32.28	330.27 ±49.92	371.29± 24.67	366.77± 18.66
Digestibilidad de PC $PC(g/kg^{-1})$	687.07± 53.84	646.12±61.90	609.29± 44.62	370.79± 130.19
Consumo de PC digerida ($gPC^{-1}dia^{-1}$)	217.34± 39.64	213.52±37.87	226.31± 22.51	134.65± 45.98
Digestibilidad de PC (%)	95.13± 0.46	95.19± 0.73	95.64± 0.29	94.69± 0.27

Los valores de la primera medición en consumo de materia seca ($g animal dia^{-1}$) fluctuaron de 1337.68 ± 116.65 a 1282.58 ± 133.19. Seguidamente la

digestibilidad de materia seca MS (g/kg^{-1}) estuvo de 774.42 ± 62.50 a 834.05 ± 25.59 . Los valores de consumo de materia seca digerida ($gMS^{-1}dia^{-1}$) estuvieron de 1010.95 ± 153.41 a 1249.91 ± 109.27 . Así mismo la digestibilidad de materia seca en porcentaje (%) estuvo de 96.66 ± 0.32 a 98.20 ± 0.15 . y de igual manera se pueden observar los resultados de MO y de PC según el cuadro 1.

Cuadro 2. Digestibilidad aparente de dietas con niveles crecientes de *L. leucocephala* y un nivel de Energía Metabolizable en *Manihot esculenta* en la segunda medición.

PARAMETRO	0L-45Y	10L-45Y	20L-45Y	30L-45Y
Consumo de MS ($g/animal^{-1}/dia^{-1}$)	1233.49±105.55	1111.25±26.77	1400.44±86.12	1604.28±99.46
Digestibilidad de MS <i>MS</i> (g/kg^{-1})	752.39±32.62	801.47±17.26	702.20±46.17	632.09±64.16
Consumo de MS digerida ($gMS^{-1}dia^{-1}$)	925.64±52.49	890.51±23.99	983.71±94.13	1010.3±72.65
Digestibilidad de MS (%)	96.53±0.31	96.18±0.09	96.96±0.17	97.34±0.18
Consumo de MO ($g/animal^{-1}/dia^{-1}$)	1686.90±150.31	1687.04±65.58	1734.89±114.61	1886.91±98.74
Digestibilidad de MO <i>MO</i> (g/kg^{-1})	641.11±54.01	737.27±22.59	530.20±75.35	387.44±113.24
Consumo de MO digerida ($gMO^{-1}dia^{-1}$)	1078.10±94.71	1243.69±58.37	921.25±155.24	725.26±182.59
Digestibilidad de MO (%)	94.99±0.46	94.94±0.19	95.20±0.29	95.59±0.26
Consumo de PC ($g/animal^{-1}/dia^{-1}$)	361.30±30.81	299.76±12.79	362.87±24.37	328.61±17.42
Digestibilidad de PC <i>PC</i> (g/kg^{-1})	682.12±43.86	731.96±23.27	583.93±67.27	106.22±177.99
Consumo de PC digerida ($gPC^{-1}dia^{-1}$)	245.62±14.71	219.40±11.48	212.16±30.89	34.21±55.64

Digestibilidad de PC (%)	95.55±0.40	94.84±0.21	95.75±0.26	93.58±0.34
---------------------------------	------------	------------	------------	------------

Los valores de la segunda medición en consumo de materia seca (g animal dia^{-1}) fluctuaron de 1111.25 ± 26.77 a 1400.44 ± 86.12 . Seguidamente la digestibilidad de materia seca MS (g/kg^{-1}) estuvo de 632.09 ± 64.16 a 801.47 ± 17.26 . Los valores de consumo de materia seca digerida ($\text{gMS}^{-1}\text{dia}^{-1}$) estuvieron de 890.51 ± 23.99 a 1010.3 ± 72.65 . Así mismo la digestibilidad de materia seca en porcentaje (%) estuvo de 96.18 ± 0.09 a 97.34 ± 0.18 . y de igual manera se pueden observar los resultados de MO y de PC según el cuadro 2.

Cuadro 3. Digestibilidad aparente de dietas con niveles crecientes de *L. leucocephala* y un nivel de Energía Metabolizable en *Manihot esculenta* en la tercera medición.

PARAMETRO	0L-45Y	10L-45Y	20L-45Y	30L-45Y
Consumo de MS ($\text{g/animal}^{-1}/\text{dia}^{-1}$)	2048.99±252.77	1567.05±146.56	1078.12±64.71	1378.74±300.89
Digestibilidad de MS MS(g/kg^{-1})	634.46±74.39	717.37±50.82	776.04±50.58	680.66±77.93
Consumo de MS digerida ($\text{gMS}^{-1}\text{dia}^{-1}$)	1307.93±272.77	1126.76±157.05	837.33±81.62	955.98±279.81
Digestibilidad de MS (%)	97.90±0.24	97.27±0.27	96.05±0.24	96.81±0.71
Consumo de MO ($\text{g/animal}^{-1}/\text{dia}^{-1}$)	2523.79±319.48	2200.12±202.19	1179.29±72.66	1698.51±295.49
Digestibilidad de MO MO(g/kg^{-1})	420.97±85.50	636.22±65.70	662.29±78.13	539.01±107.28
Consumo de MO digerida ($\text{gMO}^{-1}\text{dia}^{-1}$)	1065.05±260.78	1404.44±232.33	782.41±111.06	927.71±303.76
Digestibilidad de MO (%)	96.65±0.40	96.49±0.34	94.05±0.37	95.42±0.80

Consumo de PC ($g/animal^{-1}/dia^{-1}$)	506.17±60.60	373.58±34.36	184.64±12.52	320.59±48.22
Digestibilidad de PC PC(g/kg^{-1})	201.46±148.65	550.31±81.20	500.53±115.73	300.34±165.77
Consumo de PC digerida ($gPC^{-1}dia^{-1}$)	104.85±81.41	206.57±42.54	92.74±22.51	99.07±66.16
Digestibilidad de PC (%)	95.41±0.51	95.66±0.42	91.19±0.61	93.07±1.03

Los valores de la tercera medición en consumo de materia seca ($g animal dia^{-1}$) fluctuaron de $1078.12±64.71$ a $2048.99±252.77$. Seguidamente la digestibilidad de materia seca MS (g/kg^{-1}) estuvo de $634.46±74.39$ a $776.04±50.58$. Los valores de consumo de materia seca digerida ($gMS^{-1}dia^{-1}$) estuvieron de $837.33±81.62$ a $1307.93±272.77$. Así mismo la digestibilidad de materia seca en porcentaje (%) estuvo de $96.05±0.24$ a $97.90±0.24$ y de igual manera se pueden observar los resultados de MO y de PC según el cuadro 3.

Cuadro 4. Digestibilidad aparente de dietas con niveles crecientes de *L. leucocephala* y un nivel de Energía Metabolizable en *Manihot esculenta* en la cuarta medición.

PARAMETRO	OL-45Y	10L-45Y	20L-45Y	30L-45Y
Consumo de MS ($g/animal^{-1}/dia^{-1}$)	1624.48±78.46	1823.45±89.32	1527.42±67.80	1114.97±97.78
Digestibilidad de MS MS(g/kg^{-1})	763.71±35.32	725.09±66.00	735.80±34.89	731.37±109.73
Consumo de MS digerida ($gMS^{-1}dia^{-1}$)	1239.74±64.40	1318.05±75.77	1122.42±36.86	814.17±127.59
Digestibilidad de MS (%)	97.38±0.12	97.67±0.11	97.21±0.13	96.17±0.31
Consumo de MO ($g/animal^{-1}/dia^{-1}$)	2337.02±119.21	2503.90±234.34	1879.91±60.11	1390.34±81.45

Digestibilidad de MO <i>MO(g/kg⁻¹)</i>	692.05±46.16	634.85±82.32	624.59±52.62	605.07±163.86
Consumo de MO digerida <i>(gMO⁻¹dia⁻¹)</i>	1615.73±	1581.64±189.06	1172.14±71.32	843.34±240.21
Digestibilidad de MO (%)	96.59±0.16	96.88±0.31	96.05±0.13	94.43±0.32
Consumo de PC <i>(g/animal⁻¹/dia⁻¹)</i>	318.22±15.33	396.14±18.68	347.57±10.81	242.53±12.78
Digestibilidad de PC <i>PC(g/kg⁻¹)</i>	591.88±60.97	581.04±102.77	538.18±65.00	432.30±238.59
Consumo de PC digerida <i>(gPC⁻¹dia⁻¹)</i>	188.04±17.68	228.94±33.45	186.60±17.88	106.47±63.56
Digestibilidad de PC (%)	95.48±0.21	96.45±0.17	95.14±0.15	92.06±0.41

Los valores de la cuarta medición en consumo de materia seca (g animal dia⁻¹) fluctuaron de 1114.97±97.78 a 1823.45±89.32. Seguidamente la digestibilidad de materia seca MS (g/kg⁻¹) estuvo de 725.09±66.00 a 763.71±35.32. Los valores de consumo de materia seca digerida (gMS⁻¹dia⁻¹) estuvieron de 814.17±127.59 a 1318.05±75.77. Así mismo la digestibilidad de materia seca en porcentaje (%) estuvo de 96.17±0.31 a 97.67±0.11 y de igual manera se pueden observar los resultados de MO y de PC según el cuadro 4.

IX. CONCLUSIONES

Los valores obtenidos sugieren que los niveles variables de *L. leucocephala* en fresco y la harina de *M. esculenta* Crantz proporcionada puede hacer variar la digestibilidad, el consumo y digestión de MS, MO Y PC.

El consumo de materia seca, mostrado por los animales evaluados en los diferentes tratamientos y periodos de medición, concluyen que los valores obtenidos están por encima de los valores mostrados por animales alimentados exclusivamente con gramíneas. Por tal motivo cabe resaltar que la inclusión de los diferentes niveles de *L. Leucocephala* y *M. esculenta* Crantz mejoran el consumo de ovinos en la región.

X. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Manejo de ovinos en jaulas metabólicas.

Elaboración de harina de *Manihot esculenta Crantz* de manera rustica, realizado desde la cosecha hasta la elaboración de la harina.

Elaboración de las diferentes dietas de manera rustica.

Aplicación de diferentes medicamentos, las cuales eran necesarias para el seguimiento del proyecto.

Extracción de líquido ruminal.

Manejo adecuado de heces y orina, obteniendo una sub-muestra en cada periodo de medición.

Extracción de líquido ruminal de los animales por medio de una sonda esofágica, así como el procedimiento de determinación del pH ruminal.

Elaboración del ácido sulfúrico para conservación de muestras de orina.

Manejo de registros en los diferentes periodos de medición.

Manejo de los datos y resultados obtenidos en los diferentes periodos de medición.

Aplicación de fórmulas para la obtención de Materia Seca, Materia Orgánica y Proteína Cruda.

XI. FUENTES DE INFORMACIÓN

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

Alayon J. A, Ramírez A.L, Ku V. J. 1998. Intake, rumen digestión, digestibility and microbial nitrógen supply in sheep fed *Cynodon nlemfuensis* supplemented whit *Gliricidia sepium*. *Agroforestry Systems* 41: 115 – 126.

Animut G, Puchala R, Goetsch A. L, Sahlut T, Varel V. H, Well J. 2008. Methane emisión by goats consuming diets whit different levels of condensed tannins from *lespedeza*. *Animal Feed Science and Technology* 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 Science 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* spp. *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 Koopen. 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. Assesment 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.

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.

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.