



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINARIA

Trabajo de Graduación

Determinación de la tasa de degradación ruminal del follaje de Marango (*Moringa oleifera*) usando la técnica *in sacco* en vacas Reyna. Finca Santa Rosa, Managua, Nicaragua.

AUTOR

Br. Perla María Gutiérrez Aragón

ASESORES

Bryan Mendieta A. PhD.
Varinia Paredes V. MSc.
Lester Rocha. PhD.

ENERO, 2012

MANAGUA, NICARAGUA

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por le honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Ciencia Animal como requisito para optar al título profesional de:

MEDICO VETERINARIO

MIEMBROS DEL TRIBUNAL:

Dr. Nadir Reyes Sánchez

Presidente

Ing. Martin Mena MSc

Secretario

Domingo Ruiz M.V.

Vocal

Managua, Nicaragua, Enero 2012.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	4
III MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1 Ubicación y fechas de estudio	5
3.2 Diseño metodológico	5
3.2.1 Manejo de las vacas	5
3.2.2 Periodo pre-ensayo	5
3.2.3 Alimentación	7
3.3 Variables evaluadas	7
3.3.1 Degradación de materia seca (DMS)	7
3.3.2 Degradación de materia orgánica (DMO)	8
3.3.3 Degradación de proteína bruta (DMP)	8
3.4 Manejo de las muestras	8
3.5 Tratamientos	11
3.6 Análisis químicos	11
3.7 Diseño experimental y Análisis de datos	12

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1 Degradación de materia seca (DMS)	14
4.2 Degradación de materia orgánica (DMO)	16
4.3 Degradación de proteína bruta (DPB)	18
V CONCLUSIONES	20
VI RECOMENDACIONES	21
VII ANEXOS	22
VIII LITERATURA CITADA	23

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por iluminar mi camino que me ha llevado a culminar mi carrera, convirtiéndose también en el pilar principal en el que se sostendrán mis mayores sueños. De igual manera a María Santísima que siempre me ha protegido a lo largo de mi vida.

Con mucho cariño a mis padres quienes me han dado su amor, apoyo y comprensión incondicional, ellos han sido y son base fundamental en mi formación profesional, dejándome la principal herramienta con la que podré alcanzar nuevas metas y enfrentar obstáculos en las diferentes circunstancias de mi vida.

A mi hermana y hermanos quienes con mucho cariño me han brindado su apoyo incondicional y han contribuido a mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre por permitirme finalizar este trabajo y por haber puesto en mi camino las personas y amigos que colaboraron activamente en cada momento que los necesité.

A mis asesores, especialmente al Ing. Bryan Mendieta PhD, por darme el privilegio de haber colaborado en parte de sus estudios de doctorado, Ing. Lester Rocha PhD, MV. Varinia Paredes MSc. y MV. César Mora PhD quienes han sido fuente de aprendizaje importante para llevar a cabo este trabajo.

Particularmente al Ing. Nadir Reyes PhD, por su constante disposición para que este trabajo culminara de la mejor manera, gracias por su tiempo brindado y respaldo incondicional.

Al gobierno de Suecia por el apoyo financiero para la realización de este trabajo, a través de SAREC/ASDI y el programa PhD UNA-SLU.

Al asistente de investigación Ing. Iván Oliva por su respaldo incansable durante toda la realización de este trabajo.

A mi amiga Ing. Zoila Romero por su constante apoyo.

A la Universidad Nacional Agraria, mi Alma Mater por darme la oportunidad de formarme en ella, a la Facultad de Ciencia Animal por el esfuerzo de fortalecer mi espíritu de superación para alcanzar la excelencia académica. Finalmente al equipo docente por ser mis guías.

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1. Proceso quirúrgico de implantación de fistula ruminal en vaca experimental	6
2. Vaca con fistula ruminal	7
3. Bolsas de nylon numeradas en orden secuencial	9
4. Vista superior e inferior del tapón de la cánula con armella fijada	9
5. Ilustración de manguera plástica con bolsas de nylon fijadas	10
6. Introducción de bolsas de nylon para incubación ruminal	10
7. Colocación de bolsas de nylon para secado en el horno	11
8. Curva y ecuación de degradabilidad <i>in sacco</i> de MS de <i>Moringa oleifera</i> .	14
9. Curva y ecuación de degradabilidad <i>in sacco</i> de MO de <i>Moringa oleifera</i> .	16
10. Curva y ecuación de degradabilidad <i>in sacco</i> de PB de <i>Moringa oleifera</i> .	18

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1.Composicion nutricional del follaje de Marango (<i>Moringa oleifera</i>)	13

RESUMEN

Se realizó un estudio con los objetivos de determinar la tasa de degradación ruminal y calcular ecuaciones de predicción para las fracciones de materia seca, materia orgánica y proteína bruta del follaje de *Moringa oleifera*. El ensayo se realizó durante el período de septiembre 2009 - diciembre 2010, en la finca Santa Rosa, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Se utilizaron dos vacas Reyna, secas y fistuladas en el rumen, los tratamientos fueron 9 tiempos de incubación: 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 y 120 horas con 4 repeticiones por tratamiento y vaca. Las variables evaluadas fueron: degradación de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO) y proteína bruta (DPB). El diseño que se utilizó fue completamente al azar con arreglo unifactorial donde se consideró el tiempo de incubación como efecto fijo. La degradabilidad de los nutrientes se estimó mediante el modelo de Orskov y McDonald (1979); para conocer el efecto del tiempo sobre la tasa de degradabilidad se realizó análisis de varianza y la prueba honesta de Tukey para conocer las diferencias entre los tiempos de incubación. En los resultados se observó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para todas las variables del estudio. La DMS tuvo un rango de 37.43 % a las 48 horas hasta un máximo de 64.85 % a las 120 horas, para la DMO a medida que transcurría el tiempo alcanzó un máximo de 86.7 % a las 120 horas y para la DPB incrementó de 28.18 % a las 24 horas hasta 79.92 % a las 120 horas. Se concluye que la degradabilidad del follaje de Marango lo convierte en un material interesante para la alimentación bovina en sistemas tropicales y que las ecuaciones para predicción de tasas de degradación de las fracciones Materia Seca, Materia Orgánica y Proteína Bruta se ajustan a los procesos fisiológicos de las vacas en estudio.

Palabras claves: *Moringa*, degradabilidad, *in sacco*, vacas Reyna, forraje, nitrógeno.

ABSTRACT

A study was performed with the aims of determine the ruminal degradability rate and to calculate prediction equations for dry matter, organic matter and crude protein fractions on *Moringa oleifera* foliage. The study was carried out during the period September 2009 to December 2010 on Santa Rosa Farm, National Agrarian University, Managua, Nicaragua. Two fistulated dry Reyna cows were used. Treatments were 9 incubation times: 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 and 120 hours with 4 repetitions per treatment and cow. Variables studied were degradation of dry matter (DMS), degradation of organic matter (DMO) and degradation of crude protein (DPB). The experimental design was a completely randomized design with factorial arrangement were time was considered as fixed effect. Orskov and McDonald (1979) model was used to estimate degradability of nutrients; in order to know the effect of time over degradability rate analysis of variance and honest test of Tukey was performed to know the difference among incubation times. Significant differences ($P>0.01$) were found in all variables under study. DMS was between the range of 37.43 % at 48 h with a maximum of 64.85 % at 120 h, DMO increased while time to a maximum of 86.7 % at 120 h and DPB increased from 28.18 % at 24 h to 79.92 % at 120 h. It can be conclude that degradability of Moringa foliage put this material as an interesting feedstuff to tropical livestock systems and the dry matter, organic matter and crude protein fraction prediction equations are adjusted to the physiological process of cows under study.

I. INTRODUCCIÓN

La economía de los países centroamericanos en general y de Nicaragua en particular está basada en productos de agro-exportación. La ganadería es un rubro de gran importancia que contribuye a la alimentación nicaragüense y a la generación de divisas a través de la exportación de carne, ganado en pie y productos lácteos. El área dedicada a las pasturas en el país asciende a 3, 045, 520 hectáreas de las cuales el 55 % corresponde a pastos naturales y el 45 % corresponde a pastos mejoradas o naturalizados CENAGRO (2002).

Usualmente, los sistemas de producción ganaderos se basan en gramíneas con alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína, que varían su producción de biomasa a lo largo del año con excedentes de forraje durante la época de lluvias y baja disponibilidad de biomasa en la época seca. Estas variaciones resultan en una producción de forraje estacional e insuficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales, principalmente durante la época seca. Razz *et al*, (2004), reporta que las cantidades de materia seca disponibles para el ganado durante la época seca disminuyen en más de 30% con respecto a la disponibilidad de materia seca de la época lluviosa, reduciendo así la producción animal en un 20 a 25%.

Por otro lado, los árboles forrajeros han jugado siempre un papel significativo en la alimentación de los animales domésticos. Sin embargo, hasta hace relativamente poco, estos recursos alimenticios habían sido generalmente ignorados por investigadores debido al conocimiento inadecuado de su uso potencial y a la carencia de iniciativas para desarrollar sistemas alimenticios más innovadores (Benavides, 1994).

Actualmente existe una tendencia creciente hacia la búsqueda y uso de nuevas fuentes de proteínas provenientes de árboles y arbustos forrajeros (leguminosos y no leguminosos) a través de la integración de los árboles, pasturas y animales, en sistemas de producción silvopastoriles. Sistemas cuyo objetivo principal es desarrollar tecnología que busquen compatibilizar la silvicultura y la ganadería, orientada a mejorar el nivel alimenticio y productivo de los animales, utilización racional de los recursos y mejorar el desempeño económico y ambiental.

Los arbustos y los árboles forrajeros son invaluable en los sistemas silvopastoriles ya que pueden mantenerse durante mucho tiempo con bajas demandas de manejo y fertilización para su mantenimiento, permitiendo la implementación de bancos forrajeros para la alimentación y aseguran la sostenibilidad a través de la intensificación del uso de la tierra. En este sentido *Moringa oleifera* es un árbol que ha despertado mucho interés debido a algunas de sus características tales como: alta tasa de crecimiento, alta productividad de follaje, capacidad de rebrote, tolerancia a la poda, altos contenidos de proteína en las hojas y vigoroso desarrollo radicular (Foidl *et al*, 1999).

Sin embargo, con el fin de poder recomendar la utilización general de una planta para la alimentación animal, debe en primer lugar pasar por la caracterización nutricional de dicho recursos; entre dicha caracterización, la degradabilidad de un alimento permite conocer la magnitud y velocidad en que se fermentan sus componentes, de ahí su importancia.

Cuando se trata de la evaluación nutritiva de forrajes de arbustos y árboles, no podemos obviar según Soto (2007) cuatro aspectos que se relacionan: potencial de producción, consumo y preferencia, valor nutritivo y digestibilidad y adaptación ecológica y capacidad de regeneración. Para cuantificar la dinámica de los procesos digestivos se han desarrollado metodologías que han permitido conocer las variaciones en la tasa de pasaje o tiempo de retención en el rumen entre las cuales se nombran:

- Estimación directa de la tasa de pasaje usada para estudiar factores que afectan el consumo, dinámica de digestión y la forma física del forraje (Laredo y Minson, 1973, citado por Ruiz y Ruiz 1990).
- Estimación indirecta con marcadores, mediante el uso de marcadores solubles en agua o que se adhieran a las partículas del alimento con lo que se realiza la estimación de las tasas de pasaje de la fase líquida o sólida en el rumen.
- Técnica *in situ*, de incubación de sustratos en el rumen la que permite determinar de manera simultánea la muestra que es digerida y la tasa a la cual esta digestión se realiza y es utilizada cuando se requiere información acerca del efecto de las condiciones ruminales y el cambio en el ambiente ruminal sobre la tasa y potencial de degradación de los alimentos, Ruiz y Ruiz (1990).

Por otro lado, se han propuesto modelos para describir a degradación acumulativa de las diferentes fracciones que componen un alimento en función del tiempo de fermentación ruminal, entre ellos:

- Modelo de cinética de primer orden propuesto por Smith (1971).
- Modelo propuesto por Pezo y Vohnout (1977) para la estimación de parámetros de velocidad de degradación de la materia seca (MS) o de sus componentes.
- Modelo propuesto por Mertens y Ely (1982) que estima los componentes de las tasas de degradación y el periodo pre-fermentativo donde se asume que en este no ocurre fermentación.
- Modelo propuesto por Espinoza (1983) para la degradación de los constituyentes de la pared celular.
- Modelo propuesto por Orskov y McDonald (1979) para el caso de la degradación acumulativa de proteína cruda (PC). Este último se basa en la técnica de bolsa ruminal que ha sido utilizada durante muchos años para estudiar la degradación de los forrajes.

Proceso que se describe mediante la siguiente ecuación: $y = a + b(1 - \exp(-c \cdot \text{tiempo}))$, donde (y) cantidad de alimento degradado en el tiempo, (a) degradabilidad inicial que corresponde al intercepto de la ecuación que describe la degradación acumulativa de las diferentes fracciones componentes de un alimento función del tiempo, (b) degradabilidad potencial y se define como la degradación que sufriría un alimento en el ecosistema ruminal, (c) tasa de degradación de un alimento se refiere a la cantidad de sustrato que puede ser degradada por unidad de tiempo, (t) tiempo de incubación Orskov (1982).

La sencillez de la técnica así como la importancia del material ensayado, hace que sea una herramienta útil, por lo que en la actualidad ha sido muy empleada para la medición de la degradabilidad de forraje.

Con el fin de contribuir al entendimiento del potencial nutricional del Marango, se pretende evaluar la degradabilidad del follaje de *Moringa oleifera* utilizando la técnica *in sacco* para aportar al uso más eficiente de dicho árbol y generar conocimiento sobre su potencial y valor nutritivo.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Generar información cuantitativa sobre la calidad nutricional del follaje de Marango (*Moringa oleifera*)

2.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar la tasa de degradación ruminal de la materia seca, materia orgánica y proteína bruta del follaje de Marango en distintos intervalos de fermentación mediante la técnica *In sacco*.
2. Calcular ecuaciones de predicción de degradación ruminal para las fracciones materia seca, materia orgánica y proteína bruta del follaje de Marango.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación y fechas del estudio

Este ensayo se realizó en la finca Santa Rosa, propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en la comarca Sabana Grande, municipio de Managua, localizada geográficamente a 12° 08'15" latitud norte, 86° 09'36" longitud este, con una elevación de 56 msnm (INETER, 2009). La fase de campo se llevó a cabo durante los meses de septiembre y octubre 2009 y de noviembre 2009 a diciembre 2010 se realizaron los análisis de laboratorio de las muestras colectadas.

3.2 Diseño metodológico

3.2.1 Manejo de las vacas en el ensayo

Para el experimento se utilizaron 2 vacas de la raza Reyna del hatillo de la Universidad Nacional Agraria con un peso corporal promedio al inicio del ensayo de 375(7) kg y una edad de 7 años.

3.2.2 Período pre- ensayo

Las vacas permanecieron estabuladas durante todo el período experimental. Antes de iniciar el ensayo a ambas vacas se les implantó una fístula ruminal (Figura 1). La técnica quirúrgica empleada fue la descrita por Cabrera *et al.* (1996) usando una fístula #1C de la compañía Bar Diamond, tal a como se describe a continuación: las vacas fueron mantenidas en ayunas por 72 h. Fueron atropinizadas (0,04 mg kg⁻¹) y anestesiadas con hidrocloreto de Xilacina 2% (Procin[®]) i.m. en dosis de 2 mg 100 kg⁻¹ de peso.

Se aplicó anestesia loco-regional, utilizando el bloqueo para vertebral con 30 ml de Lidocaína con epinefrina por punto de inyección. La zona de abordaje (punto central de un triángulo del flanco izquierdo, formado por el último arco costal, el extremo de las apófisis transversas de la parte lumbar de la columna y la parte anterior de la pelvis) se depiló y desinfectó Povidona Yodada (Isodine[®]) y se procedió a infiltrar 40 ml localmente con Lidocaína (2%) (Lidocaína[®]) en forma de anillo, los planos cutáneos y musculares, se procedió a incidir la piel con bisturí en forma de elíptica de 10 cm de diámetro aproximadamente, removiendo el trozo de piel, para luego abrir los planos musculares abdominales correspondientes (oblicuo abdominal externo, oblicuo abdominal interno, transversal del abdomen) y la fascia transversa empleando disección roma con tijeras.

Exponiendo el peritoneo vivo, se procedió a su abertura, sujetando los extremos de él con pinzas de Allis para facilitar su sutura durante la fase de síntesis de la pared abdominal. Para fijar el compartimento uno (rumen) a la piel en su posición definitiva.

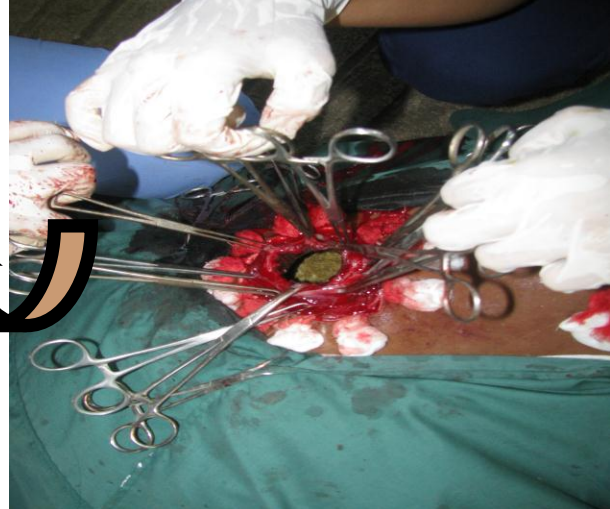
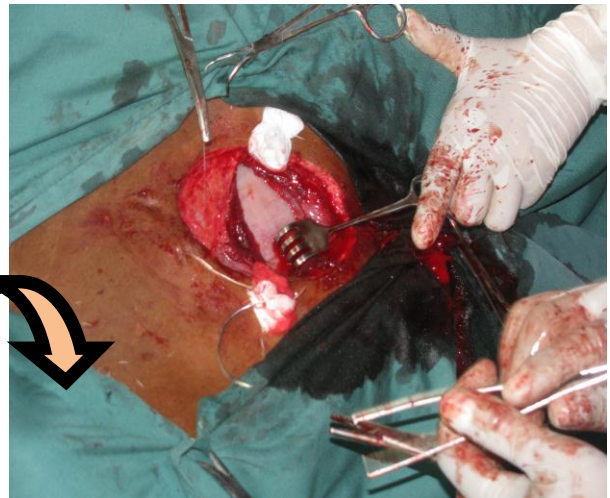
Se realizó una sutura no perforante empleando hilo de nylon sintético con puntos en "U" que incluían piel, peritoneo y pared del compartimento uno (comprometiendo peritoneo visceral y musculatura, sin entrar a la mucosa), para luego salir atravesando peritoneo y piel nuevamente.

Antes de anudar cada punto, se colocó una torunda de gasa para aumentar la superficie de contacto del punto con los tejidos y disminuir las posibilidades de desgarro. Estas suturas se repitieron en los cuatro puntos cardinales de la incisión, cuidando de mantener la posición normal de C1 en relación con la abertura en la pared abdominal. Se completó la sutura de la zona colocando puntos intermedios en los espacios entre los primeros cuatro puntos hasta asegurar un cierre hermético de la pared abdominal, siempre empleando la técnica aséptica o no perforante.

1. Zona de abordaje



2. Debridación



4. Implantación

3. Puntos de sutura

Figura 1. Proceso quirúrgico de implantación de fístula ruminal en vaca experimental.

Durante el período post-operatorio se le administró una asociación antibiótica sinérgica de Penicilinas, Dipirona, Dexametasona, Kanamicina, Lidocaína (Trifec Forte®) vía parenteral durante ocho días para evitar infecciones. Diariamente se controló la triada clínica y se le administró vitaminas AD₃E una vez por semana; asimismo, se les realizó una limpieza tópica diaria en el área de la fístula ruminal con una solución diluida de Yodo. Los puntos quirúrgicos se removieron ocho días después de la cirugía y se continuó con limpieza tópica por una semana más.

Las vacas intervenidas tuvieron una recuperación completa y la fístula puede apreciarse en la Figura 2. La dieta que las vacas consumieron durante el periodo pre-ensayo consistió en partes iguales de forraje fresco de Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y de Marango (*Moringa oleifera*); el consumo de agua fue *ad libitum*.



Figura 2. Vaca con fístula ruminal

3.2.3. Alimentación

Las áreas experimentales de Marango ubicadas en la finca Santa Rosa se sometieron; antes del inicio del ensayo; a una corte escalonado con el fin de garantizar lotes con un rebrote de aproximadamente 45 días al momento de iniciar la fase experimental. Se le denominó follaje de Marango a las mezcla de hojas, pecíolos y tallos de dicho árbol con diámetro menor o igual a 5 mm, mismo que fue colectado diariamente de las áreas previamente descritas y picado en trozos de aproximadamente 2 cm de longitud usando una picadora mecánica.

Las vacas se sometieron a un periodo de adaptación al alimento de 15 días y la ración diaria para cada vaca se fijó en una cantidad de materia seca equivalente al 3% del peso vivo de las mismas basado en NRC (1989), esa cantidad total se dividió en cuatro porciones las que se ofertaron a los animales en horario de 5:00, 9:00, 13:00 y 16:00 h cada día en comederos separados con el fin de evitar que el alimento perdiera frescura y por ende atractivo para los animales.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Degradación de materia seca (DMS)

Para estimar la degradación de materia seca se estimó tanto el contenido inicial de materia seca inicial del follaje de Marango antes de la incubación ruminal como el contenido de materia seca de las muestras una vez incubadas. La diferencia entre el contenido inicial y el final se consideró como contenido degradado.

Degradación de la materia seca = contenido inicial de materia seca (MS) - contenido final de MS

3.3.2 Degradación de materia orgánica (DMO)

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

Degradación de la materia orgánica= contenido inicial de materia orgánica (MO) - contenido final de MO

3.3.3 Degradación de proteína bruta (DPB)

Con el fin de estimar la degradación de proteína bruta se calculó la diferencia entre la concentración de proteína bruta de las muestras de follaje de Marango antes de la incubación ruminal y de las muestras incubadas

Degradación de la proteína bruta= concentración inicial de proteína bruta (PB) - concentración final de PB

3.4 Manejo de las muestras

Según la metodología de Ørskov y McDonald (1979), el material a incubar en el rumen debe estar seco y molido; para acondicionar el follaje de Marango a lo requerido, se cortó material de 45 d, de rebrote el que fue pre secado al aire libre por 24 h para eliminar el exceso de humedad, luego el material pre secado fue introducido a un horno de circulación de aire forzado por 48 h a 65 °C. El material en el horno fue removido cada 2 horas con el fin de garantizar un secado uniforme en el mismo. Al final de las 72 h de secado, el material fue molido en un molino Cyclotec con una criba de 2.5 mm.

Para medir la tasa de degradabilidad de las distintas fracciones tales como: MS, MO y PB, se utilizó la metodología planteada por Ørskov y McDonald (1979). Para esto se utilizaron bolsas de nylon PSE 28/17 con tamaño de poros de 28 micras y área abierta de 17%.

La bolsa tenía un tamaño exterior de 120 x 60 mm e interior de 100 x 50 mm, cosidas con hilo de poliéster y los agujeros de la aguja (los puntos) sellados con pegamento Bostic 1782.

Con el fin de establecer un control del material a incubar, las bolsas de nylon fueron numeradas en orden secuencial (Figura 3) y pesadas individualmente y los datos de peso fueron registrados en una base de datos. A cada bolsa de nylon se le introdujeron 10 g de follaje de Marango seco y se cerró el extremo abierto de cada una de ellas con cintas plásticas de amarre de 16 cm de largo por 0.25 cm de diámetro.



Figura 3. Bolsas de nylon numeradas en orden secuencial.

Para sostener las bolsas suspendidas libremente dentro del rumen se creó un dispositivo consistente en lo siguiente: al centro del tapón de la fistula se atornilló una armella cerrada de 7.62 cm y por medio de un hilo de nylon de 80 cm de largo y 0.1 cm de diámetro (Figura 4).



Figura 4. Vista superior e inferior del tapón de la cánula con la armella fijada.

Se fijaron dos dispositivos consistentes en trozos de tubo PVC 14.7 cm de largo por 3.81 cm de diámetro, a cada tubo se le atornillaron 9 armellas cerradas de 3.2 cm de largo alrededor del diámetro, a cada armella se fijó una manguera plástica transparente en forma de anillos de 40.64 cm de largo por 0.95 cm de diámetro a las cuales se les realizaron pequeñas incisiones permitiendo fijar las bolsas con el material a incubar. (Figura 5).

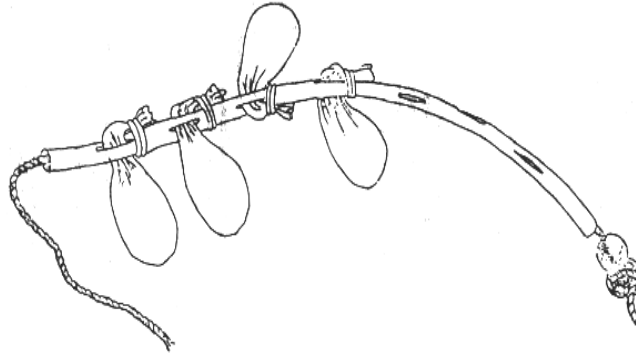


Figura 5. Ilustración de manguera plástica con bolsas de nylon fijadas.

Las bolsas con el material fijado en el dispositivo arriba descrito, se introdujeron al rumen de cada vaca fistulada (Figura 6).



Figura 6. Introducción de las bolsas de nylon para incubación ruminal.

Pasado el tiempo de incubación se retiraron las bolsas, las que fueron debidamente lavadas con abundante agua con el objetivo de detener la fermentación y lograr la eliminación de cualquier rastro de saliva, líquido ruminal o material extraño.

Las bolsas extraídas del rumen fueron secadas en un horno de circulación forzada a una temperatura de 65 °C por 48 horas (Figura 7).



Figura 7. Colocación de las bolsas para el secado en el horno.

3.5 Tratamientos

En este ensayo los tiempos de incubación fueron determinados como tratamientos, por lo que se tuvieron 9 tratamientos; 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 y 120 h de incubación con dos vacas y cuatro repeticiones por tratamiento y vaca, para un total de 72 repeticiones.

3.6 Análisis químicos

El contenido de MS, cenizas y PB del alimento ofrecido y de las muestras incubadas se calculó siguiendo los procedimientos descritos por AOAC (1990) según se describen a continuación:

Para el cálculo del contenido de MS del follaje de Marango, se pesó el follaje fresco y luego se sometió a deshidratación en un horno de circulación forzada a una temperatura de 65 °C durante 24 horas, posterior a ello fue pesado nuevamente y se determinó el porcentaje de MS, mediante la siguiente fórmula: $\% \text{ MS} = \text{Peso seco} / \text{Peso fresco} * 100$

El contenido de MO de las muestras de follaje de Marango se determinó como la diferencia entre la MS y el contenido de cenizas de las mismas; para la determinación de cenizas se incineraron las muestras en una mufla a 600 °C durante 3 h.

La concentración de PB del follaje de Marango se determinó y se basó en la digestión de la muestra en ácido sulfúrico concentrado a ebullición, con la adición de un catalizador. La muestra se digirió hasta disolución y oxidación de la misma para luego ser titulada para determinar el contenido de N y este se multiplicó por el factor 6.25 para obtener proteína.

3.7 Diseño experimental y Análisis de datos

El ensayo fue planeado como un diseño completamente al azar con un arreglo unifactorial donde se consideró el tiempo de incubación como efecto fijo.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ = media poblacional

T_i = el i ésimo tiempo de incubación

ε_{ij} = error experimental

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

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

Donde:

y = degradación del material después de t horas, %

a = fracción soluble, %

b = fracción degradable, %

e = base de los logaritmos neperianos

c = tasa de degradación por hora

t = tiempo de incubación ruminal en horas

El ajuste de las curvas de degradabilidad se realizó por medio de modelos no lineales asumiendo que las curvas de degradación de ambas vacas eran iguales. Los coeficientes iniciales del modelo fueron estimados por prueba y error; después del ajuste de los modelos se realizó análisis de residuales para detectar heterocedasticidad y no normalidad y pruebas conexas tales como las pruebas de Fligner y Shapiro. Para conocer el efecto del tiempo sobre la tasa de degradabilidad se realizó análisis de varianza, después del ajuste del modelo se siguió el mismo procedimiento que para los modelos no lineales. Para el caso del ajuste en los modelos de la degradabilidad de MS (modelos no lineales) se utilizó una matriz robusta de varianza-covarianza (estimador sándwich) y los datos fueron transformados por el método Box-Cox (modelos lineales).

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

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos de composición nutricional del follaje de Marango base del ensayo de degradabilidad se detallan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición nutricional del follaje de Marango (*Moringa oleifera*).

Especie	% MS	% MO	% PB	% Cen
<i>M oleifera</i>	17.93	82.98	26.68	9.09

Fuente: Laboratorio de Bromatología, UNA; MS: materia seca MO: materia orgánica PB: proteína bruta Cen: ceniza

Los resultados aquí presentados están dentro del rango de 10.98 y 19.3% de materia seca y 24.1 y 28.07% de proteína bruta reportado por otros autores (Mendieta *et al*, 2009 y Mendieta *et al*, 2011). Las diferencias entre los reportes pueden ser atribuidos a las diferencias entre los diferentes elementos que influyen la composición química de las plantas, tales como: fertilización, edad de corte, tipo de material, entre otros.

Por otro lado, el contenido de PB de esta especie es superior a los encontrados en otras especies arbóreas usadas en la alimentación animal en Latinoamérica, tales como: *Morus alba* 20.9 % reportado por Soto (2007), *Leucaena leucocephala* (22%) y *Guazuma ulmifolia* (15.6%), reportados por Izaguirre *et al*, (2008) y *Gliricidia sepium* (19.3%) reportado por Ku *et al*, (2007) sin embargo, no presenta las desventajas de los altos contenidos de factores anti nutricionales presentes en las especies anteriormente mencionadas. Su contenido nutricional permitió que tanto Pinto *et al*, (2004) como Mendieta-Araica (2011) califiquen al Marango como suplemento proteico para vacas alimentadas con pasturas de baja calidad.

4.1 Degradación de materia seca (DMS)

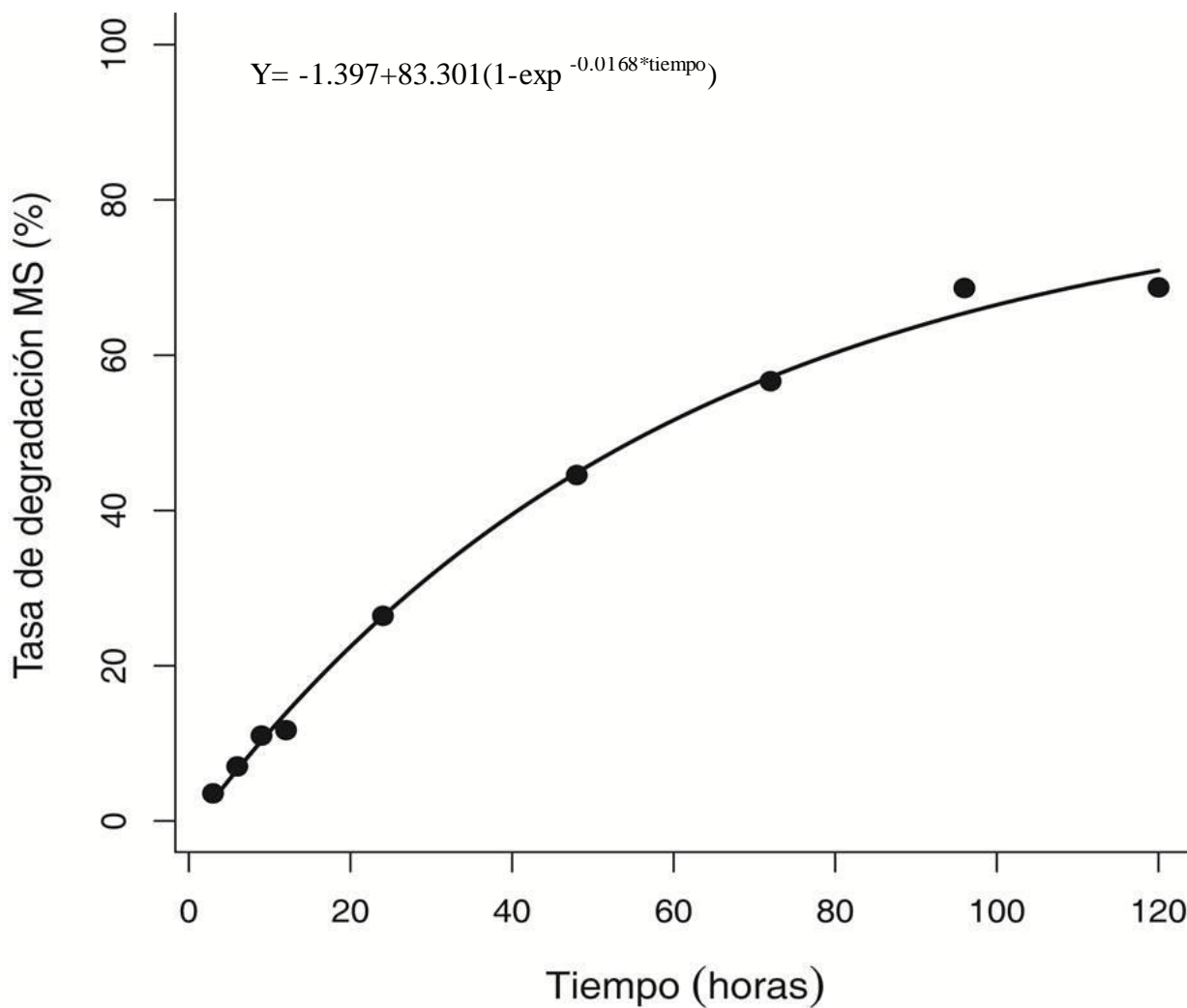


Figura 8. Curva y ecuación de degradabilidad *in sacco* de la MS de *Moringa oleífera*

Se encontró diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los diferentes tiempos de incubación de las 48h hasta las 120 h (Prueba Honesta de Tukey), sus valores tuvieron un rango 37.43% hasta un 64.85% de degradabilidad (ver anexo 1).

Fue posible observar un tiempo de desfase en la degradación de MS de 24h, este efecto puede atribuirse a que en un proceso normal, los rumiantes la digestión comienza cuando el alimento pasa a través de la boca, donde es masticado para romper las fibras y luego pasa al rumen donde ocurre la digestión microbiana o fermentación, los microorganismos trabajan más para descomponer el alimento según Church, (1998), por lo antes mencionado al implementar esta técnica este proceso sufrió una interrupción porque la muestra al iniciar la degradación requiere una hidratación, acción enzimática de los microorganismos ruminales, alteraciones físicas y químicas de las fracciones.

Ese valor de máxima degradabilidad es similar al de *Trichantera gigantea* (67.4%), reportados por Flores *et al*, (1998), pero es diferente al encontrado para *Morus alba* (74.5%) por el mismo autor. Las diferencias en los valores también pueden atribuirse entre otros factores a los contenidos de fibra presentes en el follaje de Marango, en ese sentido Reyes (2006) reportó contenidos de fibra neutro detergente (FDN) y de fibra ácido detergente (FAD) de hasta 28.8 y 11.4 % respectivamente.

Es bien sabido que la estructura y función de la pared celular está controlada por sus componentes. Según Ramírez *et al*, (2002) la degradación diferencial de tipos celulares y la baja degradación de la xilosa indica que algunas paredes que no contienen xilanos son degradadas más fácilmente, en cambio otras que contienen grandes cantidades, como es el caso de Marango según Makkar y Becker (1997) son de lenta degradación.

Por otro lado, aunque la presencia de taninos está fuertemente ligada a la fibra y esto la hace resistir la degradación por los microorganismos ruminales y sus enzimas no es el caso del Marango ya que el contenido de taninos según Makkar y Becker (1997) es despreciable.

Otro factor a ser tomado en cuenta en la degradación de la MS es el tamaño de la partícula ya que es un criterio de regulación de la tasa de pasaje. Las partículas deben cumplir ciertos criterios antes de poder salir del rumen (reducción de tamaño, reducir la flotabilidad y aumentar la gravedad específica) y las posibilidades de abandonar el rumen aumentan con el tiempo que resida la partícula en el mismo.

De manera que las partículas que contengan menos fibra indigerible y menos nitrógeno son más pesadas y alcanzan una gravedad específica más rápida y abandonan el rumen más pronto a diferencia de las partículas que contienen más fibra digestible y que permanecen más tiempo en el rumen, por lo que este pasaje selectivo de partículas indigeribles previene la acumulación en el rumen y estimula el consumo de nuevo sustrato más rápidamente fermentable (Huhtanen *et al*, 2007 citado por Araujo y Vergara, 2007).

No obstante lo discutido previamente, también se encontraron valores inferiores a los que presentó el Marango, tales como los reportados por (Flores *et al*, 1998) para *Cratylia argentea* (53.50%) a las 96 h. Flores *et al*, (1998) también reportó valores de digestibilidad *in vitro* de materia seca de arbustos forrajeros tales como *Trichanthea gigantea* (44.46%) y *Leucaena leucocephala* (51.1%). El tipo de degradación del Marango puede promover una mayor digestión ruminal y tasa de pasaje permitiendo que el consumo de alimento sea mayor por el animal.

Lo mencionado previamente se asocia con el potencial de los rumiantes para mantener niveles adecuados de producción, ya que es un indicativo de la capacidad de un alimento para aportar nutrientes a la flora ruminal (Preston y Leng 1990, citado por Flores *et al*, 1998) por lo que Marango se convierte en una opción interesante en los sistemas pecuarios de zonas secas tropicales.

4.2 Degradación de materia orgánica (DMO)

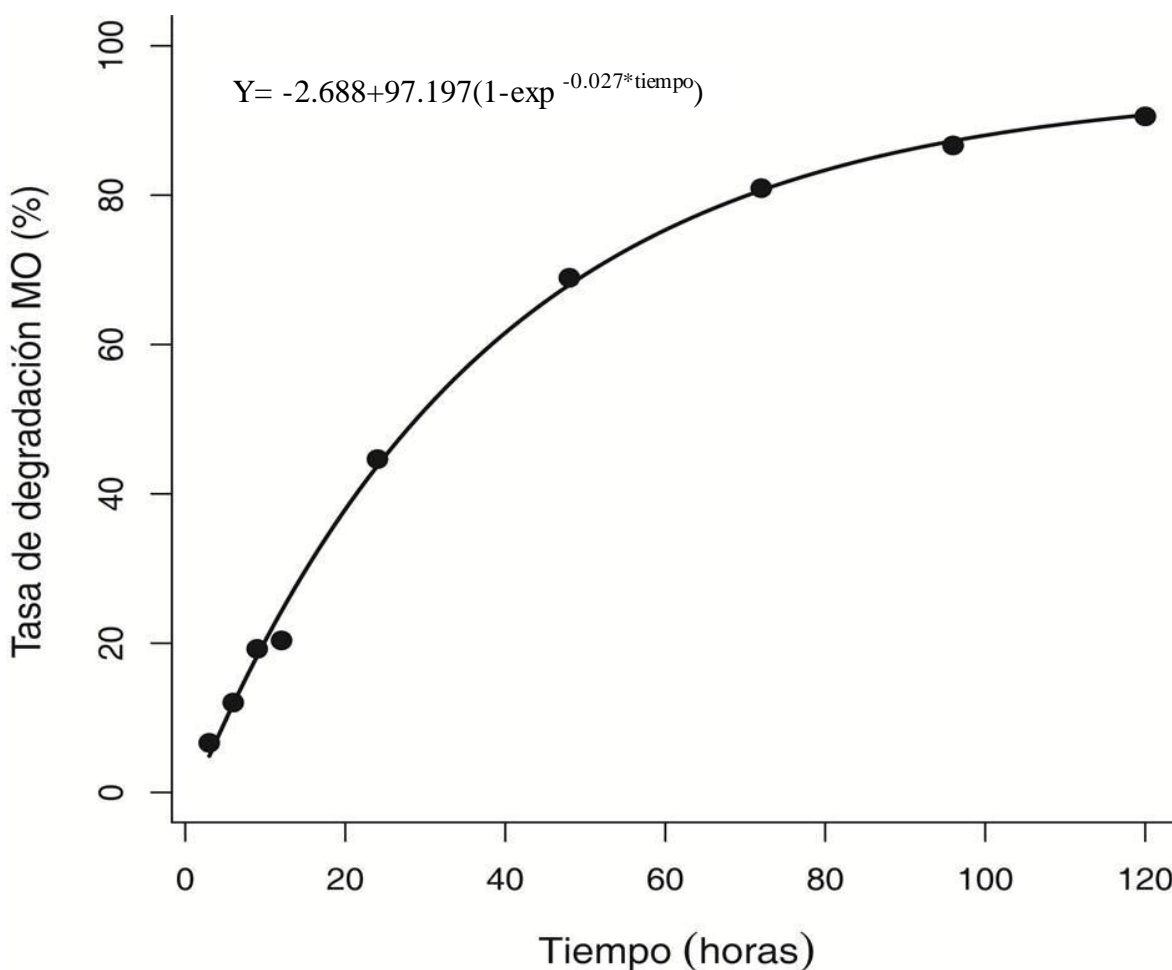


Figura. 9. Curva y ecuación de degradabilidad *in sacco* de MO de *Moringa oleifera*.

Se encontró diferencias significativas ($p < 0.01$), entre los tiempos de incubación de las 48h hasta las 120h (Prueba Honesta de Tukey), los valores tuvieron un rango 37.43% hasta un 86.7% de degradabilidad (ver anexo 1).

El resultado observado a las 24h fue inferior en comparación a los encontrados en *Gliricidia sepium* (63.38%), *Eritrina goldmanni* (54.71%), *Leucaena leucocephala* (46.33%) y *Guazuma ulmifolia* (40.88%) reportados por Pinto *et al*, (2004).

Los valores bajos de MO se asocian al aumento de la tasa de pasaje y a la disminución de la tasa de digestión de la misma, lo que provoca la salida más rápida de materia orgánica sin digerir del rumen causando una tendencia a disminuir el rendimiento microbiano total, pues este se incrementaría generalmente si la cantidad de materia orgánica fermentada fuese mayor. Por el contrario la eficiencia microbiana es independiente del rendimiento, suele ser mayor con una digestión menos intensa en el rumen y con un menor rendimiento microbiano total Church (1993).

No obstante encontrando valores superiores a los de degradación de materia orgánica de marango, la eficiencia microbiana con dietas de forraje a una mayor proporción de la proteína microbiana que llega al intestino procederá de los microorganismos adherentes, porque el forraje necesita una asociación más íntima con los microbios para ser digerido, invariablemente la eficiencia microbiana es superior con dietas con forraje que las ricas en concentrados Church (1993).

4.3 Degradación de proteína bruta (DPB)

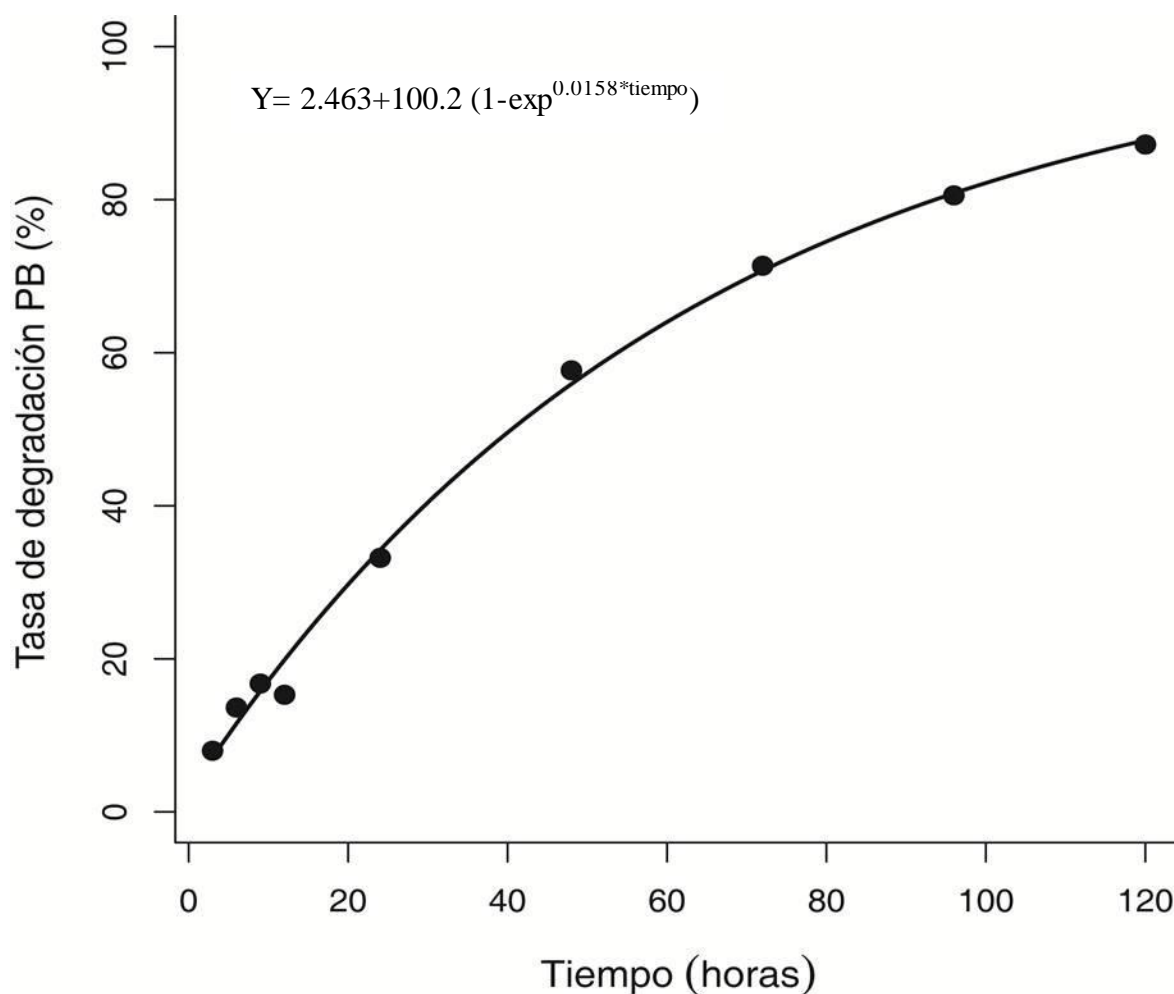


Figura 10. Curva y ecuación de degradabilidad *in sacco* de la PB de *Moringa oleífera*.

Se encontró diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tiempos de incubación de las 12 h hasta las 120 h (Prueba Honesta de Tuey) donde se da el punto de inflexión de la curva de degradación de la proteína. Los valores tuvieron un rango de 28.18% hasta un 79.92 % de degradabilidad (ver anexo 1).

Los resultados observados a las 24 horas de degradación fue superior al que se encontró en *Guazuma ulmifolia* (19.03%) reportado por (Pinto *et al*, 2004) al mismo tiempo.

La mayor degradabilidad de la proteína está relacionada generalmente, con un mayor nivel de amonio en el rumen contribuyendo este al crecimiento de la población y a la actividad microbiana ruminal, dando así lugar a un incremento en el aporte de nitrógeno microbiano al intestino delgado e incremento en el consumo de dietas altas en fibra, por esto es de suma importancia maximizar la cantidad de proteína microbiana, esto sugiere que la PB de las especies arbóreas es utilizada a nivel ruminal para la síntesis de proteína microbiana (Ku, *et al*, 1999, citado por Razz *et al*, 2004). En rumiantes alimentados con forrajes tropicales la principal fuente de proteína proviene de aquella sintetizada por los microorganismos del rumen.

El amoníaco desaparece de las reservas ruminales mediante su captación por los microorganismos al ser absorbido a través de la pared del rumen y al pasar hacia el omaso, la concentración del mismo diferirá entre zonas del rumen y suele ser menor en la materia flotante que en el líquido libre, en animales que consumen dietas ricas en proteínas vegetales las concentraciones de amoníaco suelen alcanzar niveles de concentración en un lapso de 3-5 horas después del consumo pues la absorción de amoníaco aumenta según el incremento en el rumen Church (1993).

Sin embargo, también se ha reportado valores superiores en tiempos de incubación de 24 horas en otras especies forrajeras en comparación a los que se observó en Marango entre ellas: *Gliricidia sepium* (74.85%), *Leucaena leucocephala* (45.58%), *Eritrina goldmanii* (62.22%). La utilización de fuentes alimenticias con proteínas resistentes a la degradación aumenta la cantidad y/o altera las proporciones de aminoácidos que pasan al intestino delgado e incrementan la retención de nitrógeno.

En el caso de Marango su menor degradación se asocia al bajo nivel de taninos que permiten a la fracción proteica mayor permanencia en el rumen proporcionando aminoácidos y péptidos para el crecimiento microbiano y fuentes de nutrientes sobrepasantes, además puede ser mejor aprovechado al permitir a una parte de la proteína hacia las partes bajas del tracto gastrointestinal para ser utilizada por el animal, (Knauss *et al*, citado por Razz *et al*, 2004). Con este tipo de forraje la proteína se usa más eficientemente, ya que una alta degradabilidad del forraje puede resultar en un proceso digestivo ineficiente, principalmente cuando no existe un sincronismo con los niveles de energía aportados por la ración Ørskov (1982).

Cabe mencionar que las dietas hiperproteicas pueden también tener un efecto negativo en la ganancia de peso y la retención de grasa dado que el aumento del nivel de amonio en el rumen puede causar dicho efecto en la liberación de insulina y el metabolismo de la glucosa (Fernández *et al*, citado por Blanco, 1999).

No se observaron efectos significativos en las primeras 12 h de degradación. Este fenómeno es debido al período pre-fermentativo el cual representa el tiempo que transcurre antes de que inicie la degradación de la fibra por la acción enzimática de los microorganismos ruminales, ya que para que ocurra la degradación de las proteínas, fracción fibrosa se requiere que el contenido de cada fracción se hidrate, sufra alteraciones físicas y químicas y que las bacterias celulolíticas se adhieran a la fibra, especialmente si se trata de tejidos más lignificados que se degradan muy lentamente Mertens y Ely (1982).

V. CONCLUSIONES

- El follaje del Marango tiene valores medios de degradación de MS, MO y PB con un tiempo de desfase de entre 12 y 24 horas lo que convierte a este material útil en los sistemas de alimentación bovina tropical.
- Las fracciones MS, MO y PB tuvieron un tiempo de permanencia en el rumen de hasta 3 días permitiendo así la liberación y utilización de las mismas en el sistema digestivo de las vacas lecheras.
- Las ecuaciones propuestas para el cálculo de las tasas de degradabilidad de las fracciones MS, MO y PB de follaje de Marango se ajustan a los procesos fisiológicos de las vacas en estudio.

VI. RECOMENDACIONES

- Implementar la utilización de Marango como alternativa de alimentación de animales.
- Realizar otros estudios de esta temática que permitan obtener datos de degradación a intervalos cortos de incubación utilizando la técnica *in sacco*.
- Utilizar la técnica *in sacco* para la determinación la tasa de degradación de otra especie de árbol o arbusto forrajero.
- Establecer una dieta testigo para hacer comparaciones y tomar en cuenta una caracterización microbiológica a partir de la dieta suministrada.

VII. ANEXOS

Anexo 1

Degradación de Materia Seca (DMS)				
Parámetro	Estimado	Error Stand	t valor	Pr(> t)
a	-1.3979431	0.8321146	-1.6800	0.09755
b	83.3012665	4.8914267	17.0301	< 2.2e-16 ***
c	0.0168717	0.0019825	8.5104	2.596e-12 ***

Degradación de Materia Orgánica (DMO)				
Parámetro	Estimado	Error Stand	t valor	Pr(> t)
a	-2.688501	1.642466	-1.637	0.106
b	97.197048	1.869507	51.991	<2e-16 ***
c	0.027051	0.001918	14.106	<2e-16 ***

Degradación de Proteína Bruta (DPB)				
Parámetro	Estimado	Error Stand	t valor	Pr(> t)
a	2.463e+00	1.818e+00	1.354	0.18
b	1.002e+02	5.531e+00	18.112	< 2e-16 ***
c	1.588e-02	2.259e-03	7.031	1.25e-09 ***

Anexo 2

Variable	Tiempo de incubación y Porcentaje de Degradación				
	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
DMS	21.04 %	37.43 %	49.41 %	58.16%	64.85 %

DMO	35.81 %	59.06 %	73.10 %	81.62 %	86.70 %
DPB	28.18 %	47.30 %	61.51 %	72.07 %	79.92 %

VI Literatura Citada

AOAC.1990. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists, 15 th ed, Washington, D.C.1213p.

Araujo, F.O y Vergara, L.J. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. Producción Animal 15:133-140.

Blanco, M. 1999. El alimento y los procesos digestivos en el rumen. Producción Animal. 1-10p.

Benavides, J.R. 1994. Arboles y Arbustos Forrajeros en América Central. Turrialba, C.R. Vol. 1: 426p.

Cabrera R.; López. A.; Morales. S.; Salazar, H y Fuentes, M. A. 2000. Fistulación y Canulación permanente del compartimento 1 (Rumen) en Llamas (*Lama glama*). Archivos medicina veterinaria. 32: 131-138p.

CENAGRO. 2002. Tercer Censo Nacional Agropecuario. INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) <http://www.inec.gob.ni/cenagro/presultados.htm>.

Church, C.D. 1993. El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición, Ducar Maluenda, 1ª ed. Acribia. 652p.

Espinoza, J.R. 1983. Consumo y Parámetros de digestión de rastrojos de maíz cultivado solo o en asocio con leguminosas. Tesis. Maestría. Turrialba, C.R. Programa Universidad de Costa Rica. CATIE.

Foild, N.; Mayorga, L.; Vásquez, W. 1999. Utilización del Marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para el ganado. Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en América Latina. <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Foid116.htm>

Flores, O.I.; Bolívar, M.D.; Botero, J.A e Ibrahim, M.A. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de rumiantes en el trópico. Livestock Research for Rural Development. 10, 1-7p.

Giraldo, A. L.; Gutiérrez, A.L. y Rúa, C. 2007. Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 20: 269-279p.

Izaguirre, F.F y Martínez, T.J. 2008. El uso de arboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en Marcha*. 21:2-40p.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2009. Informe metereológico. Nicaragua.

Ku, Vera, J.C.; Ramírez, A.L. y Alayón, G, J. A. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal*. Vol. 15:251-264p.

Makkar, H. y Becker, K. 1997. Nutrients and quality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of Agricultural Science*. 128:311-332p.

Mendieta, A; Sporndly, E; Norell, L y Sporndly, R. 2009. Silage quality when *Moringa oleifera* is ensiled in mixtures with *Elephant grass*, sugar cane and molasses. *Grass and Forage Science*. 64: 364 – 373p.

Mendieta, A. B. 2011. *Moringa oleifera* as an Alternative Fodder for Dairy Cows in Nicaragua. Tesis Doctoral. Uppsala. Suecia. University of Agricultural Sciences. 121p.

Mertens, D. R. y Ely, L. O. 1982. Relationship of rate and extent of digestion forage utilization a dynamic model evaluation. *Journal of Animal Science*. 54:895p.

National Research Council. 1989. Nutrients requirements of dairy cattle. Washington. D.C. National Academy Press. 157p.

Orskov, E.R y McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92:499

Orskov, E.R. 1982. Protein Nutrition Ruminants. Academic Press. London.160p.

Pezo, D. y Vohnout, K. 1977. Tasas de digestión *in vitro* en seis gramíneas tropicales. *Journal of Animal Science*. 27:74p.

Pinto, R.; Gómez, H.; Martínez, B.; Hernández, A.; Medina, F.; Ortega, L. y Ramírez, L. 2004. Forage species utility in silvo pastoral system in the valley central of Chiapas. *Avances en Investigación agropecuaria*. 8:1-11.

R Development Core Team, 2011 R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, [http: // www.R-project.org/](http://www.R-project.org/).

Ramírez, O.R.; Ramírez, L.R. y López, G.F. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 5: 180-189p.

- Razz, R.; Clavero, T. y Vergara, J. 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. Revista científica de la Universidad del Zulia.14:424-430p.
- Reyes, N. 2006. Marango cultivo y utilización en la alimentación animal. Ed. F. Alemán. Managua, NI. UNA. 24p. (Guía Técnica 5).
- Ruiz, M y Ruiz, A.1990. Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación. 1ª ed. San José. CR: IICA, 105-139p.
- Soto, R.S. 2007. Digestibilidad *in vitro* en forrajes tropicales a diferentes edades de rebrote. Tesis. Ing.Agro. San José.CR. Universidad EARTH. 32p.
- Smith, L.W. 1971. *In vitro* digestion rates of forage cell Wall components. Journal of Dairy science. 54:71p.
- Torres, G. G.; Arbaiza, F. T.; Carcelén, C. F y Lucas, A. O. 2009. Comparación de las técnicas *in situ*, *in vitro* y enzimática (celulosa) para estimar la degradabilidad de forrajes en ovinos. Revista Investigación Veterinaria. 1- 9p.