

TASA DE DEGRADACIÓN RUMINAL DE FOLLAJE DE *Moringa oleifera* EN VACAS REYNA USANDO LA TÉCNICA *in sacco*

RUMINAL DEGRADATION RATE OF *Moringa oleifera* FOLIAGE IN REYNA CATTLE USING *in sacco* TECHNIQUE

Gutiérrez Perla¹, Rocha Lester², Reyes-Sánchez Nadir³, Paredes Varinia⁴, Mendieta-Araica Bryan⁵

¹ Graduada en Medicina Veterinaria

² PhD en Biología, Universidad Nacional Autónoma de Managua

³ PhD en Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria

⁴ MSc en Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional Agraria

⁵ PhD en Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria. bryan.mendieta@una.edu.ni



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 Ørskov 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 clave: Marango, degradabilidad, *in sacco*, vacas Reyna, forraje, alimentación animal.

Recibido: 5 de septiembre 2011

Aceptado: 30 de marzo 2012

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 where time was considered as fixed effect. Ørskov 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.

Keywords: Marango, degradability, *in sacco*, Reyna cows, fodder, feed.

Los sistemas ganaderos han sido mencionados como la mayor causa de degradación ambiental, entre sus efectos se mencionan: deforestación, degradación de suelos, producción de gases invernadero y finalmente pobreza rural (Belli *et al.*, 2009; Mauricio *et al.*, 2008; Steinfeld *et al.*, 2006). Por consiguiente, se necesita desarrollar y adoptar sistemas de producción animal sostenibles que reduzcan el impacto negativo que la ganadería pueda tener en el ambiente; por otro lado, existe una urgente necesidad de mejorar la eficiencia del uso de los recursos naturales en la producción ganadera para poder superar el fuerte detrimento estacional en la misma y por consiguiente mejorar los niveles de vida de los productores.

El potencial de los sistemas agroforestales para suplir a los animales con alimento de alta calidad ha sido reconocido por varios autores (Pezo 1991; Fernández-Baca 1992; Szott *et al.*, 2000; Mauricio *et al.*, 2008). Árboles y arbustos pueden ser tolerantes a la sequía y su follaje es usualmente rico en proteína bruta (PB) (Benavides 1994; Cárdenas *et al.*, 2003). Además, estos sistemas han mostrado una gran tolerancia a una amplia variedad de prácticas de manejo (Paterson *et al.*, 1998) y pueden por consiguiente, mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción (Reyes-Sánchez 2006).

Entre los árboles mas interesantes para los sistemas ya mencionados tenemos el Marango (*Moringa oleifera*), que ha probado ser tolerante a la sequía (Reyes-Sánchez 2006), tener una alta producción de biomasa de alta calidad (Mendieta-Araica 2011) y ha sido utilizado en una gran variedad de dietas para distintas especies animales (Reyes-Sánchez *et al.*, 2008; Rocha y Mendieta-Araica 1998, Olugbemi *et al.*, 2010). Según la metodología propuesta por Soto (2007) para poder recomendar la utilización de una planta en la alimentación animal, ésta debe en primer lugar someterse a una caracterización nutricional con cuatro aspectos que se relacionan: a) potencial de producción, b) consumo y preferencia, c) valor nutritivo y digestibilidad y d) adaptación ecológica y capacidad de regeneración. En el caso de la degradabilidad, este es un indicador que nos permite conocer la magnitud y velocidad en que se fermentan sus componentes y de ahí su importancia.

Existen diferentes métodos que permiten estimar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos para poder predecir su valor nutricional, de manera general pueden mencionarse a) técnicas *in vitro* usando líquido ruminal (Tilley y Terry 1963), usando complejos enzimáticos (Aufere 1982), o calculando la producción de gas (Posada y Noguera 2002) y técnicas *in vivo* (Ørskov y McDonald 1979; Waldo *et al.*, 1972). Estas últimas ofrecen la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de sacos de nylon suspendidos en el rumen. Aunque diferentes modelos no lineales han sido propuestos para describir la digestión y pasaje de los alimentos en los rumiantes, el modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1979) ha sido el más utilizado.

$$P = a + b * (1 - \exp^{-ct})$$

Donde:

P = degradabilidad potencial

t = tiempo de incubación

a = intercepto con el eje Y en el tiempo 0. Representa el sustrato soluble y completamente degradable que sale rápidamente del saco de nylon

b = la diferencia entre el intercepto a y la asíntota.

Representa la fracción insoluble pero potencialmente degradable del sustrato el cual es degradado por los microorganismos de acuerdo a un proceso cinético de primer orden.

c = tasa constante de la función b

$1/(a+b)$ = representa la fracción no degradable de la muestra

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

MATERIALES Y MÉTODOS

Aspectos generales. El ensayo se llevó a cabo 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 m.s.n.m. (INETER, 2009). Para el experimento se utilizaron dos vacas fistuladas de la raza Reyna (*Bos taurus*) del hato de la Universidad Nacional Agraria con un peso corporal promedio al inicio del ensayo de 375(7) kg y una edad de 7 años.

Las vacas permanecieron estabuladas durante todo el período experimental. Antes de iniciar el ensayo a ambas vacas se les implantó una fistula ruminal. La técnica quirúrgica empleada fue la descrita por Cabrera *et al.*, (1996) usando una fistula #1C de la compañía Bar Diamond. 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 fistula 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 fistula puede apreciarse en la foto de introducción de este artículo. 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 (*M. oleifera*); el consumo de agua fue *ad libitum*.

Alimentación y manejo de los animales. Las vacas fueron alojadas en cubículos individuales y sometidas a un periodo de 15 días de adaptación a una ración compuesta por 50% forraje fresco de Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y 50% follaje fresco de Marango (*M. oleifera*). La ración diaria para cada vaca se fijó en una cantidad de materia seca (MS) equivalente al 3% del peso vivo de las mismas según tablas de requerimientos de NRC (1989). La ración diaria se dividió en cuatro porciones que se ofertaron a los animales en horario de 5:00, 9:00, 13:00 y 16:00 h en comederos separados; se les ofertó sales minerales según sus requerimientos y agua a voluntad. Durante el periodo experimental, las vacas consumieron follaje de Marango de 45 días de rebrote, cortado y picado en trozos de aproximadamente 2 cm de longitud usando una picadora mecánica. Se denominó follaje de Moringa a la mezcla de hojas, pecíolos y tallos con diámetro menor o igual a 5 mm.

Estudio de degradación ruminal. Para medir la tasa de degradabilidad de las fracciones materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína bruta (PB), se utilizó la metodología planteada por Ørskov y McDonald (1979).

Preparación de las bolsas de nylon y muestras de alimento a incubar. Se recolectó follaje de *M. oleifera* (hojas, pecíolos y tallos menores e iguales a 5 mm de diámetro) de 45 días de edad. El material cosechado se homogenizó y se tomaron tres muestras de 1 kg que fueron secadas en un horno de circulación forzada de aire a 65° durante 48 horas. Parte de las muestras se molieron en partículas de 1 mm y se almacenaron en frascos de vidrio, debidamente etiquetados para posteriores análisis químicos. El resto de las muestras se molieron a un tamaño de partícula de 2.5 mm para determinar la degradabilidad ruminal de la MS, MO y PB. Para ello se utilizó bolsas de nylon PSE 28/17 con 28 micras de porosidad, área abierta de 17%, 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, 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 Moringa seco y molido, 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.

Incubación ruminal. 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, a la cual se fijó un dispositivo (trozo de tubo PVC 14.7 cm de largo por 3.81 cm de diámetro). A cada dispositivo se le atornilló alrededor 9 armellas cerradas de 3.2 cm de largo, en cada armella se fijó una manguera plástica transparente en forma de anillo de 40.64 cm de largo por 0.95 cm de diámetro a la cual se le realizó pequeñas incisiones que permitieron fijar las bolsas con el material a incubar (figura 1). Las bolsas con las muestras de follaje de Moringa fueron fijadas al dispositivo arriba descrito y se introdujeron en el rumen de cada vaca fistulada.

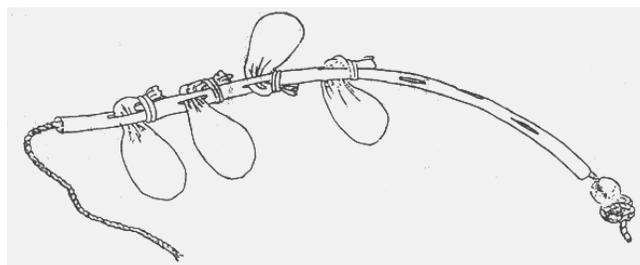


Figura 1. Ilustración de manguera plástica con bolsas de nylon fijadas.

Pasado el tiempo de incubación, las bolsas se retiraban del rumen y se lavaron en su parte externa con abundante agua hasta lograr de cualquier residuo, posteriormente, se secaron en un horno de circulación forzada de aire a una temperatura de 65 °C por 48 horas. Finalmente, el residuo de muestra de cada bolsa se pesaba y se colocaba en un frasco de vidrio debidamente etiquetado.

Análisis químicos. El contenido de MS, cenizas y PB del alimento ofrecido y de las muestras incubadas se determinó siguiendo los procedimientos descritos por AOAC (1990). El contenido de MO de las muestras de alimento ofrecido y de las muestras incubadas 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.

Variables evaluadas

Degradación de materia seca (DMS). Para estimar la degradación de materia seca se estimó tanto el contenido de materia seca 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.

$$DMS = (\text{contenido inicial de MS} - \text{contenido final de MS}) \times 100$$

Degradación de materia orgánica (DMO). La degradación de la materia orgánica se calculó como la diferencia entre el contenido de materia orgánica (MO) de las muestras antes de

la incubación ruminal y el contenido de materia orgánica de las muestras una vez incubadas.

$$\text{DMO} = (\text{contenido inicial de MO} - \text{contenido final de MO}) \times 100$$

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 (PB) de las muestras de follaje de Marango antes de la incubación ruminal y de las muestras incubadas.

$$\text{DPB} = (\text{concentración inicial de PB} - \text{concentración final de PB}) \times 100$$

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.

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.

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

Donde:

μ = media poblacional

T = el i ésimos tiempo de incubación

e_{ij} = error experimental

En el análisis previo no se encontró diferencias significativas entre vacas por lo que las curvas de degradación de vacas fueron estadísticamente iguales y entonces cada tratamiento tuvo 8 repeticiones.

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

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

Dónde:

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).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de composición nutricional del follaje de Marango base del ensayo de degradabilidad son los siguientes: por ciento de materia seca, 17.93, por ciento de materia orgánica, 82.98, por ciento de proteína bruta, 26.68 y por ciento de ceniza 9.09 (Fuente: Laboratorio de Bromatología, UNA).

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-Araica *et al.*, 2009 y Mendieta-Araica *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.

Degradación de materia seca (DMS). 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. Este último valor es similar al de *Trichantera gigantea* (67.4%), reportado por Flores *et al.*, (1998), pero inferior al encontrado para *Morus alba* (74.5%) por el mismo autor. Las diferencias en los valores pueden atribuirse entre otros factores a los contenidos

de fibra presentes en el follaje de Marango, en ese sentido Reyes-Sánchez (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.

Otro factor a ser tomado en cuenta en la degradación de la MS es el tamaño de la partícula ya que este 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 rápido 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). 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

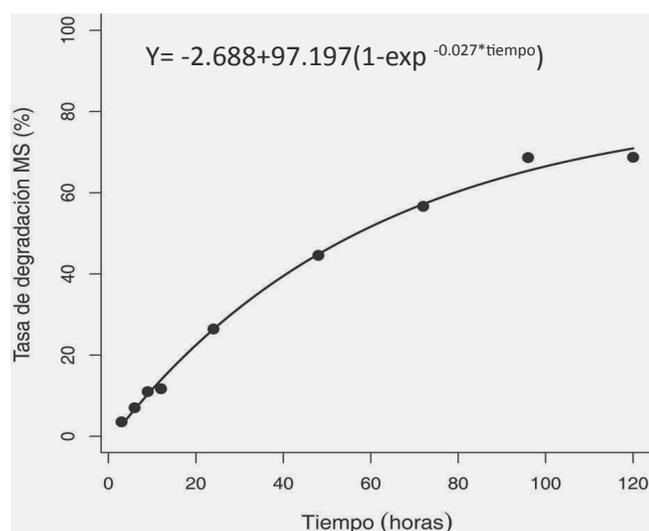


Figura 2. Curva y ecuación de degradabilidad *in sacco* de la MS de *Moringa oleifera*

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.

Degradación de materia orgánica (DMO). Se encontraron 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.

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). 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).

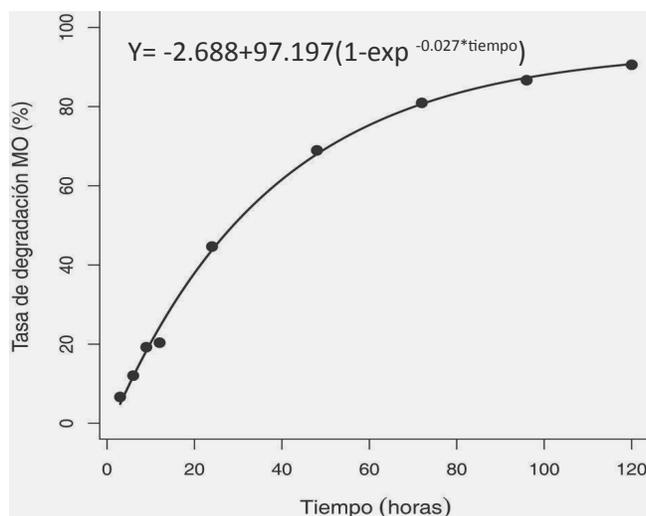


Figura 3. Curva y ecuación de degradabilidad *in sacco* de MO de *Moringa oleifera*.

Degradación de proteína bruta (DPB). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tiempos de incubación de las 12 h hasta las 120 h (Prueba Honesta de Tukey) 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.

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 microbial 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 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).

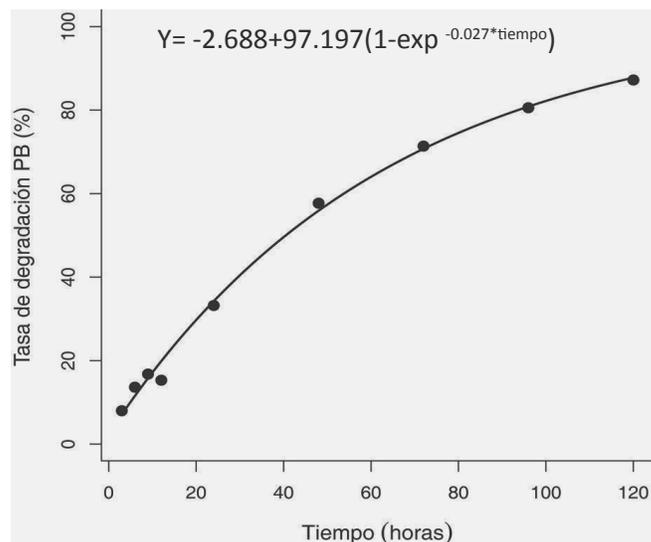


Figura 4. Curva y ecuación de degradabilidad *in sacco* de la PB de *Moringa oleífera*.

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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC.(1990) *Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists*, 15 th ed, Washington, D.C.1213p.
- Araujo, F., Vergara, L. (2007) Propiedades físicas y químicas del rumen. *Producción Animal* 15:133-140.
- Aufere, J (1982) Utilization des enzymes cellulolytiques pour prèvoir la digestibilité des forages. *Bulletin Technique C R Z V* 49:23-25.
- Belli, R., Tekelenburg, T., Siria, I. (2009). *La transición hacia la sostenibilidad. Reduccion del impacto futuro del sector ganadero sobre la pobreza y la biodiversidad*. EDSA. Managua, Nicaragua. 150 pp.
- Benavidez, J. (1994). Research on Forage Trees. In: *Tropical feeds and feeding systems*. FAO, Rome, Italy. 277 pp.
- Bernués, A., Ruiz, R., Mould, F. (Eds) 2008. *Opportunities and Challenges for Smallholder Ruminant Systems in Latin America*. Resources management, food safety, quality and market access. Toluca, Mexico. 187-200.
- Blanco, M. (1999). El alimento y los procesos digestivos en el rumen. *Producción Animal*. 1-10p.
- Cárdenas, J., Sandoval, C., Solorio, F. (2003) Chemical composition of grass and forage trees mixed silages. *Técnica Pecuaria en Mexico* 41, 238-294.
- Church, C.D. (1993) *El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición*, Ducar Maluenda, 1ª ed. Acribia. 652p.
- Fernández-Baca, S. (1992). Perspectivas de la producción de leche y carne en el trópico americano. In: S. Fernández-Baca (Ed) 1992. *Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano*. FAO, Santiago de Chile, Chile.
- Flores, O., Bolívar, M., Botero, J., Ibrahim, M. (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.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2009. Informe metereológico. Nicaragua.
- Izaguirre, F., Martínez, T (2008) El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en Marcha*. 21:2-40p.
- Ku, J., Ramírez, A., Alayón, G (2007) Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Vol. 15:251-264p.
- Makkar, H., Becker, K. (1997) Nutrients and quality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of Agricultural Science*. 128:311-332p.
- Mauricio, R., Sousa, L., Moreira, G., Reis, G., Goncalves, L. (2008) Silvopastoral systems as a sustainable alternative to animal production in the tropics. In: Castelán, O.,
- Paterson, R., Karanja, G., Roothaert, R., Nyaata, O., Kariuki, I (1998) A review of tree fodder production and utilization within smallholder agroforestry systems in Kenya. *Agroforestry Systems* 41, 181-199.
- Mendieta-Araica, A; Spordly, E; Norell, L y Spordly, 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-Araica, B. (2011) . *Moringa oleifera* as an Alternative Fodder for Dairy Cows in Nicaragua. Tesis Doctoral. Uppsala. Suecia. University of Agricultural Sciences. 121p.
- Mertens, D., Ely, L (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.
- Olugbemi, T., Murayoba, S., Lekule, F. (2010) Effect of Moringa inclusión in Cassava based diets fed to broilers chickens. *International Journal of Poultry Science* 9, 363-367.
- Ørskov, R., 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
- Ørskov, E.R. 1982. *Protein Nutrition Ruminants*. Academic Press. London.160p.
- Pezo, D (1991) La calidad nutritiva de los forrajes. Producción y utilización de forrajes en el trópico. Serie de materiales de enseñanza 15 CATIE, Turrialba, CR
- Pinto, R., Gómez, H., Martínez, B., Hernández, A., Medina, F., Ortega, L., Ramírez, L. (2004) Forage species utility in silvo pastoral system in the valley central of Chiapas. *Avances en Investigación agropecuaria*. 8:1-11.
- Posada, S., Noguera, R., (2012) Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Res Rural Development*. Vol. 17, Art. #36. Retrieved May 2, 2012, from <http://www.ciphav.org.co/lrrd/lrrd17/4/posa17036.htm>
- 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., Ramírez, L, López, G (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., 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-Sánchez, N. (2006) *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: Potencial fodder species for ruminants in Nicaragua, Doctoral Thesis No 2001:1.
- Reyes-Sánchez, N., Mendieta-Araica, B., Fariñas, T., Mena, M (2008) Guía de suplementacion estratégica para bovinos en época seca. *Serie de Guías Técnicas* 12. UNA. Managua, Nicaragua.

- Rocha, L., Mendieta-Araica, B (1998). Efecto de la inclusión de tres niveles de follaje de *Moringa oleifera* sobre producción de leche de vacas criolla. UNA, Managua.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow. Environmental Issues and Options*. Rome, FAO.
- Soto, S. (2007) Digestibilidad *in vitro* en forrajes tropicales a diferentes edades de rebrote. Tesis. Ing. Agro. San José. CR. Universidad EARTH. 32p.
- Szoott, L., Ibrahim, M., Beer, J (2000) The hamburger connection hangover: Cattle, pasture, land degradation and alternative use in Central America, CATIE, Turrialba, CR.
- Tilley, J., Terry, R (1963) Two stage technique for the *In Vitro* digestion of forage of forage crops. *Journal of British Grassland Society* 18:104-111.
- Waldo, D., Smith, L., Cox, L. (1972) Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal of Dairy Science* 55:125-129.