

Degradabilidad de la materia seca de inclusiones de *Moringa oleifera*/ *Dichantium aristatum* con dos técnicas de digestión en ovinos de pelo* .

Dry matter degradability of the of inclusions of *Moringa oleifera*/ *Dichantium aristatum* with two digestion techniques in hair sheep.

García Q., Indira Isis¹; Mora -Delgado., Jairo²; Piñeros V., Roberto³

¹Profesor asociado, Grupo de investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad del Tolima. ²Profesor titular, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad del Tolima. ³Profesor asistente, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad del Tolima.

igarcia@ut.edu.co.

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la degradabilidad de la materia seca (MS) de *Moringa oleifera* (Lam) y pasto Angleton (*Dichantium aristatum*) en diferentes inclusiones, utilizando dos técnicas de análisis, con inóculo líquido ruminal ovino. El ensayo se llevó a cabo en el laboratorio de Ecofisiología Animal de la Universidad del Tolima y en la granja Las Brisas, en Ibagué, Departamento del Tolima. Se utilizaron dos ovinos machos canulados al rumen y alojados en jaulas metabólicas individuales, con peso vivo promedio de 30 kg. Se alimentaron diariamente ad libitum con pasto Angleton (*dichantium aristatum*) y forraje seco de *Moringa oleifera*. Se evaluaron cinco niveles de inclusión de *Moringa oleifera* (Mo) cortada a los 45 días de rebrote y *Dichantium aristatum* (Da) de 60 días de rebrote así: (T1: 100% Mo; T2: 75% Mo+25% Da; T3: 50%Mo+50%Da; T4: 25%M0+75% Da; T5: 100% Da). Las técnicas de digestión utilizadas fueron: in vitro realizada con el equipo ANKOM Daisyll e in situ utilizando la técnica de bolsa de nylon, se determinó la degradabilidad de la materia seca (MS) y se aplicó el modelo propuesto por Ørskov y McDonalds (1979). Los valores de degradación de la MS fueron analizadas a través del paquete estadístico SAS 9.4 2014. Como resultado, se encontraron diferencias significativas ($P<0,05$) entre tratamientos con una DMS entre 86,21 y 67,83 correspondiendo los valores más altos a las inclusiones con mayor proporción de *M. oleifera* (Lam). Con respecto a la DISMS, los valores fueron menores a los encontrados en la DIVMS dentro de los tratamientos se encontraron diferencias significativas y los mayores valores de DMS correspondieron a las mayores inclusiones de *M. oleifera* (Lam). Se concluye que la *M. oleifera* (Lam) puede utilizarse en la alimentación de rumiantes para mejorar la degradabilidad de la MS en dietas con forrajes de baja calidad. Además, en este estudio se encontraron diferencias en los resultados

* Artículo basado en un capítulo de la tesis doctoral: Desempeño productivo de *Moringa oleifera* (lam) y su efecto sobre la dinámica ruminal en ovinos de pelo. Tesis Doctoral, Universidad de Caldas, Manizales

obtenidos por estas dos técnicas, lo cual se puede explicar por el grado de manipulación que presenta cada una de las técnicas.

Palabras claves: Degradabilidad ruminal, bolsa de nylon, forraje, rumiantes.

Abstract

The aim of this study was to determine the degradability of dry matter (DM) of *Moringa oleifera* (Lam) and grass Angleton (*Dichantium aristatum*) in different inclusions, with two analysis techniques, using sheep rumen fluid inoculum. The trial was conducted in the laboratory of Animal Ecophysiology at the University of Tolima and farm Las Brisas, in Ibagué, Tolima Department. Two male sheep rumen cannulated and housed were used in individual metabolic cages, with average live weight of 30 kg. They were fed ad libitum with grass daily Angleton (*Dichantium aristatum*) and dry forage *Moringa oleifera*. five levels of inclusion of *Moringa oleifera* (Mo) cut at 45 days of regrowth and *Dichantium aristatum* (Da) of 60 days regrowth and evaluated: (T1: 100% Mo; T2: 75% Mo + 25% Da; T3 : 50% Mo + 50% Da; T4: 25% MO + 75% Da; T5: 100% Da). The digestion techniques used were: in vitro carried out with the team ANKOM DaisyII and in situ using the technique of nylon bag, the degradability of dry matter (DM) was determined and proposed by Ørskov and McDonald (1979) model was applied. The values of DM degradation were analyzed through SAS 9.4 statistical package 2014. As a result, significant differences between treatments with a DMS between 86.21 and 67.83 were found higher values corresponding to the inclusions with a higher proportion of *M. oleifera* (Lam). With regard to the DISMS, values were slightly lower than those found in the DIVMS within treatments significant differences were found, but equally the highest values of DMS accounted for the largest inclusions of *M. oleifera* (Lam). We conclude that *M. oleifera* (Lam) can utilize in ruminant feed to improve the degradability of DM in diets with low quality forages. Furthermore, in this study differences in the results obtained by these two techniques were found, which can be explained by the degree of manipulation presenting each of the techniques.

Keywords: ruminal degradability, nylon bag, forage, ruminants.

Introducción

La *Moringa oleifera* (Lam) es un árbol no leguminoso, promisorio para la alimentación animal. Sus hojas son consumidas por diferentes especies de animales: rumiantes, camellos, cerdos, aves; peces herbívoros, por lo que se considera un forraje con características nutricionales muy completas, es rico en proteína, vitaminas y minerales, y con excelente palatabilidad (Moroto et al., 2000). Además de conocer el valor nutritivo de la *M. oleifera*, es necesario considerar los efectos en el animal de los procesos de digestión, absorción y metabolismo (Bondi, 1989). Para ello las pruebas de digestibilidad nos permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que están

disponibles verdaderamente para el animal (Church y Pond, 1994; Bondi, 1989). El concepto de degradabilidad propuesto por Wilkins, (1969) es definido como la degradación que sufrirá un alimento en el ecosistema ruminal. La degradabilidad de la materia seca permite la descripción de la cantidad de nutrientes de manera eficaz que son degradados, así como el proceso de fermentación de los alimentos en el rumen (Susmel et al., 1990). El conocimiento de estos dos conceptos en los alimentos es fundamental para establecer su valor nutritivo (Bochi-Brum, 1999), y puede ser determinada utilizando diferentes metodologías, las cuales pueden ser in vivo, in situ o in vitro.

La técnica de digestión *in vitro* de la materia seca (DIVMS) simula la digestibilidad del tracto digestivo del rumiante y requiere de la preparación de un inóculo que contenga microorganismos ruminales viables (Tilley y Terry, 1963). Los métodos *in vitro* que han sido utilizados más ampliamente desde su introducción en 1963 son el de Tilley y Terry (1963) y el de Van Soest y colaboradores en 1966, considerados los procedimientos más exactos para la predicción de la digestibilidad en rumiantes (Goldman, 1987, Stern, 1997). Una de las técnicas utilizadas para determinar la DIVMS es la realizada utilizando el sistema DaisyII (ANKOM Corp., Fairport, NY, EEUU). Este sistema permite simplificar la metodología de medición de la degradación del alimento asumiendo que el material que desaparece de las bolsas utilizadas en este proceso, es el digerido (Ceballos et al., 2008). Diferentes autores reportan que las predicciones de digestibilidad aparente y verdadera realizadas por este sistema son relativamente precisas (Julier et al., 1999; Vogel et al., 1999).

Otra técnica para determinar la digestibilidad es la *in situ*, también denominado de la bolsa de nylon, permite determinar la desaparición y la degradación de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO) u otros nutrientes de los alimentos sometidos al efecto del ambiente ruminal; para ello los alimentos son colocados en bolsas, generalmente de nylon, que se incuban en el rumen, a través de una cánula permanente en el saco dorsal de este órgano (Olivera, 2001). El objetivo de este ensayo es estimar la cinética de degradabilidad *in vitro* e *in situ* de la MS de Moringa (*Moringa oleifera*; Lam) y pasto Angleton (*Dichantium aristatum*) en diferentes inclusiones, utilizando inóculo ruminal de ovino.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en el laboratorio de Ecofisiología Animal de la Universidad del

Tolima y en la granja Las Brisas, en Ibagué, Departamento del Tolima. Se utilizaron dos ovinos machos canulados al rumen, con peso vivo promedio de 30 kg. Antes del inicio de los ensayos los animales fueron tratados contra parásitos internos y externos, inyectados con una preparación de vitaminas A, D y E y alojados en jaulas metabólicas individuales. Se alimentaron diariamente *ad libitum* con pasto seco de Angleton (*dichantium aristatum*) y forraje seco de Moringa (*M. oleifera*).

Preparación de las Muestras: El material vegetal utilizado en el ensayo se obtuvo de un cultivo de *M. oleifera* de 45 días de rebrote y el *D. aristatum* de 60 días de rebrote. Después del corte, los forrajes fueron secados a 65°C por 48 h, molidos, pasados por una criba de 1 mm y tamizados través de un tamiz de 103 µm.

Inclusiones: Se evaluaron cinco niveles de inclusión de *Moringa oleifera* (Mo) y *Dichantium aristatum* (Da) así: (T1: 100% Mo; T2: 75% Mo+25% Da; T3: 50%Mo+50%Da; T4: 25%MO+75% Da; T5: 100% Da).

Digestibilidad *in vitro*

Para estimar la digestibilidad *in vitro* de las inclusiones se siguió el protocolo recomendado por el fabricante para el incubador DaisyII®, (ANKOM Technology, Fairport, NY-USA), usando bolsas FN° 57 con un tamaño de poro de 25 µm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno, en cada una las cuales se depositaron 0.40 g de muestra y fueron selladas con calor según lo descrito por Giraldo y Gutiérrez (2007). En cada jarra de digestión se incubó por duplicado cada tratamiento.

Preparación del Inóculo: El inóculo ruminal necesario para el procedimiento (proporción 4:1 de solución medio de cultivo: inóculo ruminal) se recolectó de dos ovinos machos canulados al rumen. El líquido ruminal se

recolectó en un termo y se selló herméticamente para su traslado al laboratorio, esto con el fin de conservar el inóculo a una temperatura constante de 39°C. Después de la colecta, el líquido ruminal se filtró a través de paños de algodón y fue transferido a un erlenmeyer mantenido en baño maría a 39° C y continuamente saturado con CO₂.

El día previo a la digestión, se preparó el medio de cultivo de acuerdo con las recomendaciones de Mauricio *et al.*, (2001). El medio de cultivo estaba compuesto por: i) solución macromineral (9.35 g/l de Na₂HPO₄.12H₂O, 6.2 g/l de KH₂PO₄ y 0.6 g/l de MgSO₄.7H₂O), ii) indicador (0.01 g/l de rezasurina), iii) solución tampón (4.0 g/l de NH₄HCO₃ y 35 g/l de NaHCO₃), iv) solución micromineral (132 g/l de CaCl₂.2H₂O, 100 g/l de MnCl₂.4H₂O, 10 g/l de CoCl₂.6H₂O y 80 g/l de FeCl₃.6H₂O) y v) agente reductor (625 mg HCl cisteína, 95 ml de agua destilada, 4.0 ml de 1M NaOH y 625 mg de Na₂S.9H₂O). Al momento de iniciar el ensayo, las soluciones se mezclaron en el siguiente orden: a. 500 ml de agua destilada, b. 200 ml de solución micromineral, c. 200 ml de solución tampón, y d. 1 ml de solución indicadora. Al momento de realizar la mezcla se recibe saturación continua con CO₂ por dos horas hasta que toma una leve tonalidad rosa (Posada *et al.*, 2006), posteriormente se llenaron las jarras de digestión manteniendo la temperatura a 39° C. Una vez que el medio alcanzó esta temperatura, se adicionó el líquido ruminal a cada jarra en una proporción de 4:1. (1600 ml de medio de cultivo y 400 ml de líquido ruminal). La solución fue agitada para permitir una mezcla uniforme, luego fue saturada continuamente con CO₂, hasta ser llevada al sistema Daisy^{II} para iniciar la incubación.

Se utilizó una jarra para cada tratamiento y las muestras se incubaron en 8 tiempos (3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 y 96 horas) a una temperatura de 39.2 ± 0.5 °C. Luego de la incubación, las bolsas se lavaron con agua fría, con el fin de

detener la fermentación y se llevaron a la estufa por 48 horas a 65 ° C, Después de este tiempo, se transfirieron a un desecador por un periodo de 30 minutos y se pesaron. La diferencia entre el peso inicial de la muestra colocada en las bolsas y el peso del residuo después de la incubación, descontándose el peso de la bolsa vacía, fue utilizada para determinar la degradabilidad de la MS (Ørskov and McDonald 1979) (Ecu 1):

$$MS = \frac{(MS_{final} - MS_{inicial})}{MS_{inicial}} * 100 \text{ (Ecu 1)}$$

Digestibilidad *in situ*

Se utilizaron, ovinos con cánula permanente al rumen, los mismos donadores de inóculo para la prueba *in vitro*. Se siguió la metodología descrita por Ørskov and McDonald (1979). Los animales fueron mantenidos en confinamiento en jaulas metabólicas consumiendo pasto seco Angleton (*Dichantium aristatum*) y forraje seco de Moringa (*Moringa oleifera*), sal mineralizada y agua *ad libitum*, el periodo de acostumbamiento fue de 12 días antes de iniciar el ensayo.

Igual a como lo describe Ceballos *et al* (2008), se emplearon sacos de nylon de 10 cm. de ancho x 15 cm de largo y con un tamaño de poro de 50 µm de diámetro, para cada animal. Se pesaron cuatro gramos de muestra de cada tratamiento y fueron adicionados dentro de cada saco debidamente marcado con el número de tratamiento y de repetición. Cada tratamiento contó con dos repeticiones, para un total de noventa sacos por animal, posteriormente se unieron por un nylon de tal manera que los sacos correspondientes a las primeras horas fueran fáciles de retirar una vez introducidos en el rumen para iniciar la incubación ruminal. Los horarios en los cuales se sustrajeron bolsas fueron 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 y 96 horas.

Después de haber retirado los sacos estos fueron lavados manualmente con agua corriente hasta que escurrió limpia. Los sacos fueron colocados en bandejas de aluminio y secados en estufa de ventilación forzada a 65° C por 48 horas. Después de este tiempo, fueron transferidos a un desecador por un periodo de 30 minutos y se pesaron. La diferencia entre el peso inicial de la muestra colocada en los sacos y el peso del residuo después de la incubación, descontándose el peso del saco vacío, fue utilizada para determinar la digestibilidad de la MS en el rumen (Ørskov and McDonald 1979) (Ecu 1).

Para describir la cinética de degradación de la MS de las inclusiones de *M. oleifera* se aplicó el modelo descrito por Ørskov y McDonald (1979), según Cardona, (2008), el cual se describe la ecuación 2, y se ajustó por el método de Gauss:

$$P(t) = a + b(1 - \exp(-c * t)) \quad (\text{Ecu 2})$$

Donde:

P = Degradación potencial de la materia seca (es la cantidad de alimento que desaparece del saco después de un tiempo t de permanencia en el rumen),
 α = Intercepto con el eje Y en el tiempo cero. Fracción rápidamente degradable (Soluble) que se pierde del saco de nylon.
 β = Diferencia entre el intercepto (a) y la asíntota. Fracción lentamente degradable (insoluble) pero potencialmente degradable del sustrato.
 t = Tiempo de incubación
 γ = Es la constante de degradación (h^{-1}) de la fracción β
 $1 - (\alpha + \beta)$ = representa la fracción no degradable de la muestra.
 (Ørskov and McDonald 1979, Noguera&Posada, 2007)

Análisis estadístico

En el análisis se tuvieron en cuenta el factor inclusión y el factor tiempo, y la interacción, (inclusión*tiempo) de modo que tenemos 45 tratamientos con 4 repeticiones. El diseño estadístico corresponde a un diseño completamente al azar el cual se expresa de la siguiente manera (Ecu 3):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + T_j + \tau_i * t_j + \epsilon_{ij} \quad (\text{Ecu 3})$$

Donde:

Y_{ij} = Degradación de la materia seca
 μ = Media
 τ_i = Tratamiento
 T_j = Tiempos de Incubación
 $i * T_j$ = Tratamientos en cada tiempo de incubación
 E = Error

La cinética de degradación de las inclusiones de materia seca de *M. oleifera* para las dos técnicas en estudio fue realizada a través del paquete estadístico SAS 9.4. Se aplicó un análisis de regresión para cada tratamiento y en cada técnica y se estableció la relación entre tiempo y la degradabilidad de los materiales. Para determinar las diferencias entre cada uno de los componentes del análisis se utilizó el procedimiento de diferencias mínimas cuadráticas.

Resultados

En los resultados del análisis proximal de los materiales utilizados en las dietas (tabla 1), se puede observar, como aquellas inclusiones en las cuales hay una mayor proporción de *M. oleifera*, la cantidad de MS y proteína es mayor y aquella en la que está en mayor proporción el pasto *D. aristatum*, los contenidos de fibra son mayores y los porcentajes de proteína muy bajos. Los contenidos de grasa de igual manera aumentan en las inclusiones con mayor proporción de *M. oleifera*, debido a la característica oleaginoso de esta planta,

según reportes de Chuang *et al.* (2007) y Mishara *et al.* (2011) en las hojas de *Moringa oleifera* se ha aislado cuarenta y cuatro compuestos de aceites esenciales por GC-MS análisis.

En la tabla 1, se puede observar como la degradabilidad de la MS, aumenta con las horas de incubación y disminuye a medida que predomina la gramínea en la inclusión.

Degradabilidad in vitro de *Moringa oleifera*/Dichantium aristatum

Tabla 1. Degradabilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) para inclusiones de *Moringa oleifera*/Dichantium aristatum, en ovinos de pelo

Hora	I1	I2	I3	I4	I5	P	EE
0	39,15	36,39	36,68	26,78	20,72	<0.0001	1,05
3	46,19	41,59	36,99	27,79	23,19	<0.0001	0,76
6	54,24	48,60	42,96	31,69	26,05	<0.0001	0,94
9	53,34	48,48	43,62	33,91	29,05	<0.0001	0,51
12	63,35	57,04	50,74	38,13	31,83	<0.0001	0,61
24	77,78	71,75	65,72	53,66	47,64	<0.0001	0,41
48	81,83	76,94	72,06	62,28	57,39	<0.0001	0,27
72	81,46	78,61	75,77	70,08	67,23	<0.0001	0,29
96	86,21	82,54	78,86	71,50	67,83	0.0001	1,80

I1= 100% *M. oleifera*. I2= 75% *M. oleifera* 25% *D. aristatum*. I3=50% *M. oleifera* 50% *D. aristatum*. I4= 25% *M. oleifera* 75% *D. aristatum*. I5= 100% *D. aristatum*. EE: Error Estándar de la media.

En la degradación de la MS de las inclusiones *M. oleifera* y *D. aristatum*, se encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos $p < 0.05$. Los mayores valores de degradabilidad la encontramos en los tratamientos donde predomina la *M. oleifera* y a medida que aumenta el porcentaje de la gramínea en la inclusión la degradabilidad disminuye de tal manera que en el T1 encontramos una media de 64,84% y en T5

una media de 41,22 (Figura 1). Según Ramírez *et al.* (2001) y Ku Vera *et al.*, (1999); la baja degradación de la MS en las gramíneas tropicales de mediana a baja calidad, se asocia a contenidos altos de paredes celulares, y a la lignificación de la pared celular, estos factores limitan el mejoramiento de la digestión ruminal de los nutrientes contenidos en los forrajes y afectan negativamente la degradabilidad de la materia seca.

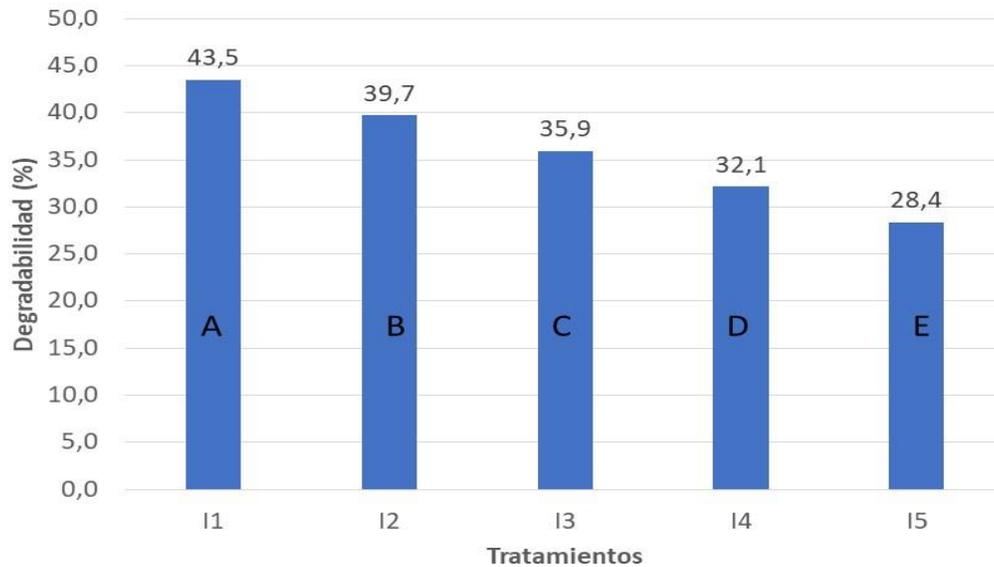


Figura 1. Diferencias por inclusión en la degradabilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de *Moringa oleifera*/*Dichanthium aristatum*, en ovinos de pelo

I1= 100% *M. oleifera*. I2= 75% *M. oleifera* 25% *D. aristatum*. I3=50% *M. oleifera* 50% *D. aristatum*. I4= 25% *M. oleifera* 75% *D. aristatum*. I5= 100% *D. aristatum*. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Rodríguez (2014), compara cuatro arbóreas tropicales entre ellas la *M. oleifera* y reporta DIVMS en harina de hojas por el método de Theodorou a las 96 horas de 52,44%, este valor es casi la mitad de lo que se obtuvo en este ensayo con la I1 (86,21%) en el mismo tiempo de incubación, el mismo autor, afirma que la degradabilidad de los sustratos se relaciona con los contenidos de fibra y proteína bruta. También puede estar relacionada con poca presencia de metabolitos tóxicos y bajas concentraciones

de factores antinutricionales (García et al. 2006), ya que no se afecta el ecosistema ruminal y aumenta la posibilidad de formación de proteínas sobrepasante, facilitando así la digestibilidad posruminal del nitrógeno (Aerts et al., 1999). En el factor tiempo, igualmente se encontraron diferencias significativas para todos los tratamientos y la degradación aumenta a medida que aumenta el tiempo de incubación.

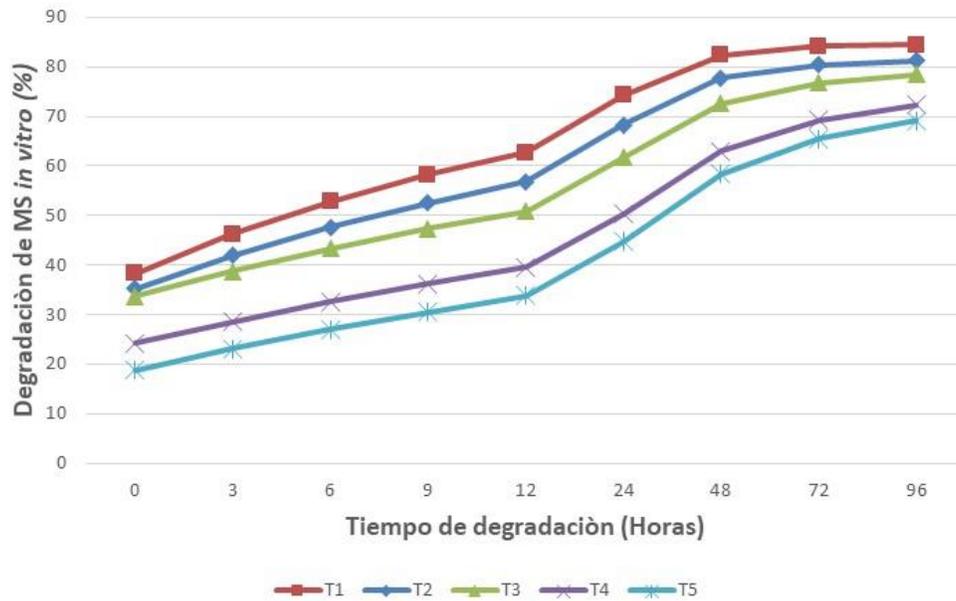


Figura 2. Degradabilidad In Vitro de la materia seca de *Moringa oleifera* y *Dichantium aristatum*.

En la interacción Inclusión *Tiempo, utilizando el procedimiento de diferencias mínimas cuadráticas se identificaron las interacciones en las cuales no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ellas, por ejemplo, la interacción I5 en la hora 6 de incubación (I5-6) no presento diferencias significativas con (I2-0) y con (I2-3), en la DIVMS en muy pocas de las interacciones no se encontraron diferencias.

Estas diferencias posiblemente sean provocadas por la manipulación que sufren los animales al estar retirando las bolsas y abriendo la cánula, a los cambios en el consumo de alimento y agua debido al estrés y a otros factores relacionados con los animales.

Degradabilidad in situ de *Moringa oleifera*/*Dichantium aristatum*

En la DISMS, (Tabla 2) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Aunque los valores de degradación son menores que los encontrados en la DIVMS, la tendencia a ser mayor la degradación en aquellas inclusiones donde la *M. oleifera* está en mayor proporción continua.

Tabla 21. Degradabilidad in situ de la materia seca (DISMS) para inclusiones de *Moringa oleifera*/*Dichantium aristatum*, en ovinos de pelo.

TI (h)	I1	I2	I3	I4	I5	P	EE
	% MS						
0	30,67	27,43	23,14	19,12	12,20	<0,0001	0,58
3	36,02	32,15	28,77	25,49	19,77	0,0022	1,32
6	38,87	36,57	34,47	29,26	26,13	0,0119	1,62
9	42,65	40,32	35,75	30,94	28,14	<0,0001	0,50
12	44,95	42,66	35,61	35,07	32,60	0,0010	0,95
24	47,06	44,01	42,67	37,74	35,63	0,0016	0,92
48	64,39	50,12	49,54	45,75	40,99	0,0001	0,96
72	71,92	61,50	57,66	51,79	49,27	0,0061	2,37
96	77,02	70,37	63,73	60,40	57,67	0,0001	0,80

I1= 100% *M. oleifera*. I2= 75% *M. oleifera* 25% *D. aristatum*. I3=50% *M. oleifera* 50% *D. aristatum*. I4= 25% *M. oleifera* 75% *D. aristatum*. I5= 100% *D. aristatum*. EE: Error Estándar de la media.

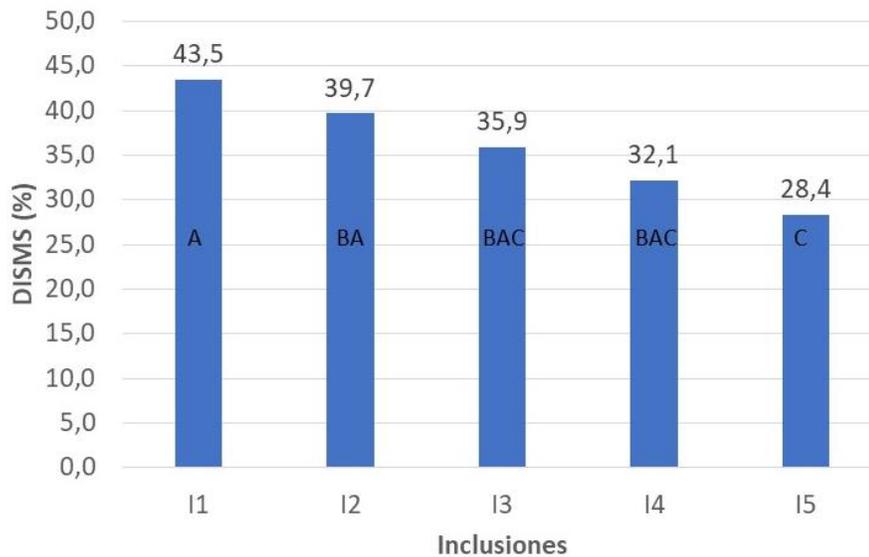


Figura 3. Diferencias por inclusión de la degradabilidad in situ de la materia seca (DISMS) de *Moringa oleifera*/*Dichantium aristatum*, en ovinos de pelo.

I1= 100% *M. oleifera*. I2= 75% *M. oleifera* 25% *D. aristatum*. I3=50% *M. oleifera* 50% *D. aristatum*. I4= 25% *M. oleifera* 75% *D. aristatum*. I5= 100% *D. aristatum*. Medidas con la misma letra no son significativamente diferentes.

En el factor tiempo se encontró que existen diferencias significativas entre tratamientos

para las 0, 24, 48 y 96 horas de incubación. Gutiérrez (2012), encontró un rango en la degradabilidad de *M. oleifera*, entre las 48 y

120 horas de 37.43% y 64.85%, según este mismo autor el tipo de degradación de la *M. oleifera* (Lam) puede promover una mayor

digestión ruminal y tasa de pasaje permitiendo que el consumo de alimento sea mayor por el animal (Figura 4).

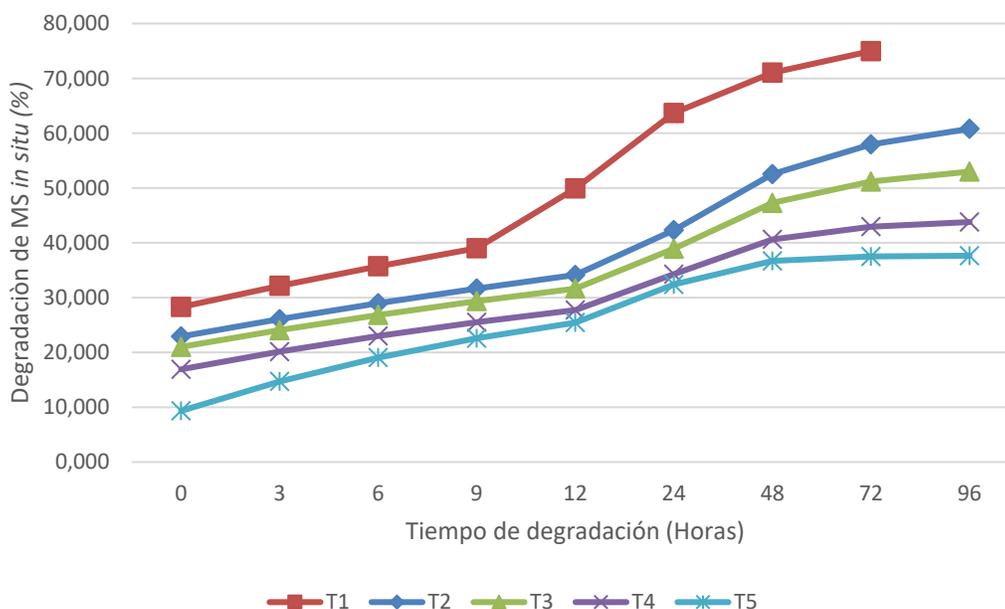


Figura 4. Degradabilidad in situ de la materia seca de *Moringa oleifera* y *Dichanthium aristatum*.

En la interacción Inclusión*Tiempo, utilizando el procedimiento de diferencias mínimas cuadráticas se identificaron las interacciones en las cuales no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), por ejemplo para la interacción I5 en el tiempo 0 ($I5*0$) se encontraron diferencias significativas con ($I5*6$), ($I5*9$), ($I2*0$), ($I2*6$), ($I3*6$) y ($I4*6$), en las interacciones para la DISMS se encontró un mayor número de ellas en las cuales no se encontraron diferencias significativas comparada con las encontradas en las interacciones de la DIVMS.

En la tabla 3, se encuentran los parámetros de digestibilidad que describen la cinética de degradación de acuerdo al modelo matemático propuesto por Ørskov y McDonald (1979) establece una relación directa entre la tasa de degradación γ (gamma) y las fracciones α y β . Esta relación determina que cuando la fracción α aumenta y la fracción β disminuye en el alimento, las tasas de degradación estimadas tienden a aumentar.

Tabla 3. Valores promedio de los parámetros de digestibilidad estimados a partir de las técnicas in situ e in vitro de diferentes inclusiones de *Moringa oleifera/Dichantium aristatum*, usando el modelo de Ørskov y McDonald (1979)

Técnica	Inclusión	α	β	γ	R ²	$\alpha + \beta$	Fracción Indigestible
In Situ	I1	24,10	55,37	0,02614	77,2	79,48	20,52
	I2	22,91	41,09	0,02660	73,5	64	36
	I3	21,00	33,57	0,03180	71,0	54,57	45,43
	I4	16,91	27,36	0,04194	77,3	44,27	55,73
	I5	9,34	28,34	0,07001	85,0	37,68	62,32
In Vitro	I1	38,33	46,29	0,06247	98,0	84,62	15,38
	I2	35,23	46,31	0,05218	98,5	81,54	18,46
	I3	33,64	45,90	0,03927	98,1	79,54	20,46
	I4	24,17	51,00	0,02988	98,9	75,18	24,82
	I5	18,81	54,37	0,02705	99,1	73,18	26,82

α = Fracción soluble que representa el material de rápida fermentación.

β = Fracción degradable que representa el material de lenta fermentación.

γ = tasa de degradación.

$\alpha + \beta$ = potencial de degradación,

R² = Coeficiente de determinación, fracción indigestible = 100-(a+b)

Los valores de las tasas de degradación estimados por la técnica in vitro fueron muy cercanos a los valores estimados con la técnica in situ, a excepción del T5 en el cual es mayor el valor de γ . Según Ceballos et al., (2008) Es necesario considerar que las tasas de degradación no solo varían en función de la concentración de las fracciones α y β , también son función de la composición química de la fracción de lenta degradación, la presencia de material soluble en el alimento y la pérdida mecánica de partículas a partir de los sacos de nylon.

La fracción de lenta degradación β , los valores estimados a través de la técnica in vitro fueron muy similares a los encontrados en la técnica In situ, sin embargo, en los tratamientos T2 y T5 los valores de la técnica in vitro son superiores.

La degradabilidad potencial ($\alpha + \beta$) de los alimentos estimada fue mayor para todos los tratamientos con la técnica de DIVMS con

diferencias muy pequeñas en relación con la DISMS.

Según Galindo (2005), las variaciones en los resultados pueden estar influenciadas por factores relacionados con el animal como el pH del rumen y la temperatura que juegan un papel importante en la actividad microbiana, aspectos que pueden afectar la degradación de un forraje.

Noguera, Ortiz & Gallego (2011) indican que, los métodos para determinar digestibilidad in vitro, al tratarse de sistemas cerrados que no involucran la dinámica de las partículas en el rumen y que mediante la molienda del sustrato, intentan simular el proceso de masticación durante el consumo y la rumia, pueden enmascarar estrategias evolutivas en el comportamiento ingestivo, que tienen incidencia directa sobre la forma en que los nutrientes se digieren.

Conclusiones

La inclusión de *M. oleifera* tiene un efecto positivo en la degradabilidad de la materia seca en dietas en las cuales se mezcla con materiales de baja calidad, en este caso una gramínea como *Dichantium aristatum*.

Las técnicas utilizadas para determinar la degradabilidad de la MS, aunque presenta valores diferentes en cuanto a porcentajes, tienen la misma tendencia, esta variación se puede atribuir a la manipulación que requieren los experimentos con animales canulados.

En ambas técnicas los porcentajes de degradabilidad alcanzados a las 96 horas, fue mayor en las inclusiones en las cuales predominaba la *M. oleifera*.

Recomendaciones

La implementación de *M. oleifera* en los sistemas de producción de rumiantes, es una buena opción como suplementación, sin embargo, es necesario realizar estudios de ganancia de peso, para verificar estos buenos resultados.

Agradecimientos

A la Universidad del Tolima por la comisión de estudios otorgada; a la Universidad de Caldas por la asesoría recibida de sus investigadores; especialmente al Dr. Julián Estrada por su acertada asesoría.

Referencias

- Njidda, A.A. and Nasiru, A. (2010). In vitro Gas Production and Dry Matter Digestibility of Tannin-Containing Forages of Semi-Arid-Region of North-Eastern Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9:60-66.
- Aerts, R.J., Barry, T.N. and Mc Nabb, W.C. (1999). Polyphenols and agriculture: beneficial effect of proanthocyanidins in forages. *Agricult. Ecosyst and Environm.* 75:1-12.
- Almanza, A. J. J., Espinoza, D. J. R., Rocha, L., Reyes-Sánchez, N., & Mendieta-Araica, B. (2014). Degradabilidad Ruminal Del Follaje De *Moringa oleifera* A Tres Diferentes Edades De Rebrote. *La Calera*, 13(21), 76-81.
- Alonso, J., Domínguez, Marbelis, González, Niurca, Sarduy, Lucía, Rodríguez, R. (2014) Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48 (1) [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2016] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193033033011>> ISSN 0034-7485
- Bochi-Brum O, Carro D, Valdés C, González J, López S. (1999) Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Arch Zoot*; 48:51-61.
- Bondi, A. A. 1989. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 p.
- Ceballos A, Noguera R R, Bolívar D M y Posada S L (2008). Comparación de las técnicas *in situ* de los sacos de nylon e *in vitro* (Daisy[®]) para estimar la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Volume 20, Article #108*. Retrieved February 22, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/7/ceba20108.htm>
- Chuang, P. H., Lee, C. W., Chou, J. Y., Murugan, M., Shieh, B. J., & Chen, H. M. (2007). Antifungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam. *Bioresource technology*, 98(1), 232-236.
- Church, D. C. y W. G. Pond. 1994. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. pp 438.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2016) InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Galindo, J., González, N., Marrero, Y., Aldama, A. I. (2005). Cinética de la actividad de las celulasas microbianas en el líquido de rumen. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 39(4), 587- 592

García, D.E., Medina, M.G., Cova, L.J., Torres, J., Soca, M., Pizzani, P., Baldizán, A. & Domínguez, C.E. (2008). Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado Trujillo, Venezuela. Pastos y Forrajes 31: 255

García, D.E., Medina, M.G., Domínguez, C., Baldizán, A., Humbría, J. & Cova, L. (2006). Chemical evaluation of non leguminous species with fodder potential in Trujillo state, Venezuela. Zootecnia Tropical 24: 401

Giraldo LA, Gutiérrez LA, Rúa C. (2007) Comparación de dos técnicas: *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. Rev Col Cienc Pec 20: 269-279

Goldman A, Genizi A, Yuzari A, Seligman N. (1987) Improving the reliability of the two-stage *in vitro* assay for ruminant feed digestibility by calibration against *in vivo* data from a wide range of sources. Anim Feed Sci and Techn, 18:233-245.

Gutiérrez, P; Rocha, L; Reyes-Sánchez, N; Paredes, V; Mendieta-Araica, B. (2012). Tasa de degradación ruminal de follaje de *Moringa oleifera* en vacas Reyna usando la técnica *in sacco*. La Calera 12(18):37-44.

Jarquín Almanza, J.A, Rocha Espinoza, J.D. (2012). Degradación Ruminal de la materia seca y materia orgánica Follaje de Marango

(*Moringa oleifera*) a diferentes edades de Corte en vacas Reyna. Finca Santa Rosa, Managua, Nicaragua. (Tesis para optar al grado de Ingeniero Zootecnista en la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua.

Julier B, Lila M, Furstoss V, Travers V and Huyghe C (1999) Measurement of cell-wall digestibility in lucerne using the filter bag technique. Animal Feed Science and Technology 79. 239-245

Ku Vera, J.C.; Ramírez, L.; Jiménez, G.; Alayón, J.A.; Ramírez, L. (1999). Arboles y arbustos para la producción animal en el trópico Mexicano. En: IV Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (FUNDACIÓN CIPAV). Cali. Colombia. (En línea). <http://www.cipav.org.co/redagofor/memorias99>

Mauricio R M, Owen E, Mould F L, Givens D I, Theodorou M K, France J, Davies D R and Dhanoa M S (2001) Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for evaluating forages. Animal Feed Science and Technology 89:33–48

Mishra G, Singh P, Verma R, Kumar S, Srivastar S et al. (2016) Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant: An overview. Scholars Research Library (Internet) 2011. (Consultado el 28 de Agosto de 2016). 3(2): 141-164. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Pradeep_Singh8/publication/216410332_Moringa_oleifera-An_important_medicinal_plant_A_Review_of_its_Traditional_Uses_Phytochemistry_and_Pharmacological_Properties/links/0c96051cc525784589000000.pdf

Moroto L.O.; Cruz, E.; Francaise, E.; Driesche, V.; Beckmans, S.; Manso, M.J.; Lazo, L.; Ríos, C. & Machado, J.M. (2000). *Moringa oleifera* Lam. (Pterigosperma): consideraciones sobre la presencia de lectinas. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. Tomo I, p. 215.

Ndemanisho, E.E., Mtega, A., Kimbi, E.F.C., Kimambo, A.E. & Mtengeti, E.J. (1998). Substitution of dry *Leucaena leucocephala* (DLL) leaves for cotton seed cake as a proteína supplement to urea-treated maize stover fed to dairy weaner goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 73: 365

Noguera R R, Ortiz D M y Gallego N (2011) Comparación de líquido ruminal vacuno y caprino como fuente de inóculo en la técnica *in vitro* de producción de gases. *Livestock Research for Rural Development. Volume 23, Article #225*. Retrieved May 4, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd23/11/nogu23225.htm>

Pedraza, R. (2001). Estimación del valor nutritivo de los alimentos para rumiantes con énfasis en las técnicas *in sacco* y de producción de gas *in vitro*. Artículo Reseña. Centro de estudios para el desarrollo de la producción animal (CEDEPA). Facultad de Ciencia Agropecuarias. Universidad de Camagüey. Camagüey, CU. 13 (1). p. 45-54. (en línea). Consultado el 6 dic. 2012. Disponible en <http://www.reduc.edu.cu/147/01/1/14701110.pdf>

Ørskov, E. R. Y McDonald, I. (1979). The Estimation of Protein Degradability in the Rumen from Incubation Measurements Weighted According to Rate of Passage. Cambridge. *Journal of Agricultural Science*, 92, 499-503.

Pardo Guzmán, Jairo Andrés y Quintero Puentes, Mary Yuriana. (2015) Evaluación de la calidad nutricional, consumo y digestibilidad *in vivo* de los henos de pasto vidual (*Bothriochloa saccharoides*), Colosuaña (*Bothriochloa pertusa*) y Angleton Climacuna (*Dichanthium annulatum*). Ibagué: Universidad del Tolima, 2015. <http://repository.ut.edu.co/handle/001/1495>

Posada SL, Noguera RR, Bolívar DM. (2006) Relación entre presión y volumen para la implementación de la técnica *in vitro* de producción de gases en Medellín, Colombia. *Rev Col Cienc Pec* 2006; 19:407-414

Ramírez, R.; Martell, A.; Lozano, F. (2001). Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México. *Ciencia UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León)*. IV(3):179-189.

Ruiz, T. E., Febles, G. J., Castillo, E., Jordan, H., Galindo, J. L., Chongo, B., y Crespo, G. J. (1999). Tecnología de Producción Animal Mediante *Leucaena leucocephala* Asociada con Pastos en el 100% del Área de la Unidad Ganadera. In Memorias Primer Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible Cali, Colombia. on line Disponible en: www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/RuizTE

Stern M, Bach A, Calsamiglia S. (1997) Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *J Anim Sci.* 75:2256-2276.

Susmel, P.; B. Stefanon, C.R. Mills and M. Spanghero. (1990). Rumen degradability of organic matter, nitrogen and fiber fractions in forages. *Anim. Prod.*, 51: 515-536.

Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., McAllan, A. B., & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure

transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal feed science and technology*, 48(3), 185-197.

Tilley J, Terry R. (1963) A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J Br Grass Soc* 1963; 18:104-111.

Van Soest P, Wine RH, Moore LA. (1966) Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls. Proc. 10th Int. Grasslands Congress. Helsinki. Finnish Grassland Association. 1966; 438-441.

Vogel K, Pedersen J, Materson S, Toy J. (1999) Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis. *Crop Sci*; 39:276-279.

Wattiaux, M. (1991). D. Mertens, L, Sattter. Effect of source and amount of fiber on kinetics of digestion and specific gravity 74: 3872-3883.

Wilkins, R. J. (1969). The potential digestibility of cellulose in forage and feces. *J. of Agricultural Science. Cambridge.* 57:73., U.S.A.