



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC**

LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

DIGESTIÓN *IN SITU* DE LA DIETA PARA BOVINOS LECHEROS EN
PRODUCCIÓN CON SUSTITUCIÓN DE ALFALFA (*Medicago sativa*) POR
MORINGA (*Moringa oleifera*)

TESIS

QUE PRESENTA:

EMERIK ORTIZ DE PAZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ ARMIJO

ASESORES DE TESIS:

DR. ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ

DR. JAVIER HERNÁNDEZ MELÉNDEZ

TEMASCALTEPEC DE GONZÁLEZ, MÉXICO; 29 DE MAYO DE 2018.

DEDICATORIA

A mis padres, **REMIGIO ORTIZ ESTRADA** y **FIDELIA DE PAZ GRANADOS**, quienes con demasiado esfuerzo y sacrificio hicieron todo a su alcance y más para que yo pudiera terminar mis estudios profesionales. Los cuales, mediante muy buenos consejos, las mejores enseñanzas y uno que otro regaño bien merecido, lograron formarme como persona, por eso y más se merecen este trabajo, toda mi gratitud y mi más profunda admiración, son los mejores papás.

A mis hermanos, **JOSÉ ANTONIO**, **REMIGIO**, **URIEL** y **SAMUEL**, quienes indudablemente han estado en el mismo camino durante esta travesía que ha sido mi universidad, ellos también merecen todo el reconocimiento, han estado en las malas, en las buenas y en las mejores.

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en el Centro Universitario UAEM Temascaltepec, localizado en el municipio de Temascaltepec, México; con el objetivo de evaluar el efecto del reemplazamiento parcial de Alfalfa (*Medicago sativa*) por Moringa (*Moringa oleifera*) sobre la degradabilidad de los nutrientes de una dieta para bovinos lecheros en producción. Se utilizó 1 hembra bovina raza Holstein Friesian, con edad de 7 años y peso de 470 kg, la cual estará provista de una canula en rúmen. La hembra bovina permaneció en semiestabulación, ya que estuvo en pastoreo mañana y tarde, dos horas respectivamente, en una pradera conformada en un 100 % de pasto nativo, y fue suplementada con 3000 gramos/día de una dieta balanceada con un contenido de PC del 14 % y 2.5 Mcal/Kg. Se formularon dietas integrales iso-proteicas e iso-energéticas con contenidos similares de fibra, para cumplir con los requerimientos nutricionales de bovinos lecheros en producción. En el balanceo de raciones se incluyeron ingredientes locales disponibles como: grano de sorgo molido, harina de soya, melaza de caña, premezcla mineral-vitaminica y forraje de *M. oleifera* incluido en niveles crecientes (0, 100, 200 y 300 g kg⁻¹ de MS). Se pesaron 0.25 g de MS por cuadruplicado para cada uno de los tratamientos experimentales (M0, M10, M20 y M30) y fueron depositados en bolsas filtro (5x5.5 cm) de poliéster multicapa. Las muestras fueron incubadas en diferente tiempo en el rumen de la hembra bovina. Los datos de la fermentación ruminal *in situ* y la degradabilidad de los nutrientes fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con 4 tratamientos (M0-M30) y 5 repeticiones, utilizando procedimiento general para modelos lineales. Se utilizó la prueba de contraste polinómico para determinar el efecto lineal y cuadrático de los niveles de inclusión de *Moringa oleifera* sobre todas las variables dependientes. La degradabilidad *in situ*, a diferentes tiempos, de la materia seca y de la proteína de las dietas para vacas lecheras con diferente nivel de inclusión de *Moringa oleifera* en sustitución de *Medicago sativa*, no mostró diferencias entre los diferentes tratamientos en ninguno de los tiempos de incubación. El análisis de contraste polinómico muestra una tendencia en el tiempo de 48 h, del cual se puede observar que el incremento de inclusión de Moringa incrementa la degradabilidad *in situ* de la materia seca y de la proteína de la dieta. *Moringa oleifera* es un árbol con alto potencial para suplir deficiencias alimenticias en sistemas productivos tropicales, especialmente en rumiantes, ya que cuenta con aceptables valores nutricionales, buena palatabilidad, adaptabilidad a condiciones agrestes y alta producción de biomasa.

SUMMARY

The present study was conducted at the Centro Universitario UAEM Temascaltepec, located in the municipality of Temascaltepec, Mexico; with the objective of evaluating the effect of the partial replacement of Alfalfa (*Medicago sativa*) by Moringa (*Moringa oleifera*) on the degradability of the nutrients of a diet for dairy cattle in production. We used 1 female Holstein Friesian bovine, aged 7 years and weighing 470 kg, which will be provided with a cannula in rumen. The bovine female remained in semistabulation, as she was grazing morning and afternoon, two hours respectively, in a pasture consisting of 100% native grass, and was supplemented with 3000 grams/day of a balanced diet with a PC content of 14% and 2.5 Mcal/Kg. Integral iso-protein and iso-energetic diets with similar fiber contents were formulated to meet the nutritional requirements of dairy cattle in production. In the preparing of rations, local ingredients were included, such as: ground sorghum grain, soybean meal, sugarcane molasses, mineral-vitaminic premix and *M. oleifera* forage included in increasing levels (0, 100, 200 and 300 g kg⁻¹ of MS). 0.25 g of MS were weighed in quadruplicate for each of the experimental treatments (M0, M10, M20 and M30) and were deposited in filter bags (5x5.5 cm) of multilayer polyester. The samples were incubated at different times in the rumen of the bovine female. The *in situ* ruminal fermentation data and the nutrient degradability were analyzed by a completely randomized design with 4 treatments (M0-M30) and 5 replications, using a general procedure for linear models. The polynomial contrast test was used to determine the linear and quadratic effect of *Moringa oleifera* inclusion levels on all dependent variables. The degradability *in situ*, at different times, of the dry matter and the protein of the diets for dairy cows with different level of inclusion of *Moringa oleifera* in substitution of *Medicago sativa*, did not show differences between the different treatments in any of the times of incubation. The polynomial contrast analysis shows a trend over time of 48 h, from which it can be seen that the increase in *Moringa* inclusion increases the *in situ* degradability of the dry matter and the diet protein. *Moringa oleifera* is a tree with high potential to supply nutritional deficiencies in tropical productive systems, especially in ruminants, since it has acceptable nutritional values, good palatability, adaptability to rugged conditions and high biomass production.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Educación Pública, toda vez que algunos de los estudios o análisis, contenidos en el presente trabajo, se realizaron con apoyo financiero o complementario del proyecto Evaluación de Moringa (*Moringa oleifera*) como alternativa en la alimentación de pequeños rumiantes: Composición química y cinética de fermentación ruminal *in vitro*, otorgado al Dr. Daniel López Aguirre, que se encuentra registrado ante la Secretaría de Educación Pública con Número de oficio de la Carta de Liberación 511-6/17-8212.

A la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México, toda vez que algunos de los estudios o análisis, contenidos en el presente trabajo, se realizaron con apoyo financiero o complementario de los proyectos:

- Evaluación de la sostenibilidad de la ganadería bovina en México, Argentina y Paraguay, desde un enfoque territorial: situación actual y perspectivas ante retos sociales, ambientales, económicos y tecnológicos. Segunda Fase, otorgado al Dr. Anastacio García Martínez, que se encuentra registrado ante la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México con clave 4369/2017CI.
- Efecto de la aplicación materno-gestacional de selenio sobre la producción y la reproducción de los gazapos, otorgado al Dr. José Fernando Vázquez Armijo, que se encuentra registrado ante la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México con clave 4344/2017CI.

A la Universidad Autónoma del Estado de México, con énfasis a la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Zootecnista del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, la cual permitió la realización de los presentes estudios profesionales.

Al Dr. José Fernando Vázquez Armijo, por haber dirigido excelentemente este manuscrito de tesis.

A mis papás, por todas las veces que me motivaron a seguir a delante y no dejarme abandonar la meta de terminar, eternamente agradecido. ¡Son los mejores!

A mis hermanos, que también han estado pendientes de mi progreso. ¡Son los mejores!

A mis abuelos paternos, Hilario y Roberta, quienes se preocuparon siempre por mí y por como iba en la escuela y me aconsejaban que le echara ganas. Gracias.

A mis abuelos maternos, Lázaro y Serafina, quienes siempre han estado pendientes de mi escuela. Gracias.

A todos mis tíos, Rigo, Fidelina, David, Beto, Raquel, Erika, Tico, Armando, Lázaro y Paulina, quienes me ayudaron bastante durante toda mi carrera y han formado parte importante de mi desarrollo.

A mi tío José Luis, quien fue parte fundamental para la realización de este trabajo. Gracias.

A mis amigos de la universidad, quienes entre bromas, desvelos, exámenes y una que otra tarea logramos culminar.

A todas las personas, que en su momento fueron parte de este proyecto y que sin su apoyo no habría sido posible llegar hasta este punto. Gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	III
SUMMARY.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
III. HIPÓTESIS.....	3
IV. JUSTIFICACIÓN.....	4
V. MATERIAL Y MÉTODO.....	5
5.1. ÁREA EXPERIMENTAL.....	5
5.2. ANIMALES.....	5
5.3. MANEJO.....	5
5.4. TRATAMIENTOS.....	6
5.5. DEGRADABILIDAD DE LA FIBRA Y DE LA PROTEÍNA.....	7
5.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	8
VI. RESULTADOS.....	10
VII. CONCLUSIÓN.....	13
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. INGREDIENTES Y COMPOSICIÓN QUÍMICA (G/KG MS) DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES Y HARINA DE MORINGA OLEÍFERA.....	10
CUADRO 2. DEGRADABILIDAD IN SITU DE LA MATERIA SECA (DMS, %) DE DIETAS PARA VACAS LECHERAS CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA OLEIFERA A DIFERENTES TIEMPOS DE INCUBACIÓN EN EL RUMEN.....	11
CUADRO 3. DEGRADABILIDAD IN SITU DE LA PROTEÍNA (DPC, %) DE DIETAS PARA VACAS LECHERAS CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA OLEIFERA A DIFERENTES TIEMPOS DE INCUBACIÓN EN EL RUMEN.....	11

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. VISTA AÉREA DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. EN CÍRCULO SE INDICA LA UBICACIÓN DE LA POSTA.....	5
FIGURA 2. BOVINO HOLSTEIN, PROVISTO DE UNA CÁNULA EN EL RUMEN, EMPLEADO EN EL EXPERIMENTO.	6
FIGURA 3. INCUBACIÓN DE BOLSAS, SEGÚN LA METODOLOGÍA SEÑALADA POR ØRSKOV ET AL. (1980) CON LAS MODIFICACIONES METODOLÓGICAS PROPUESTAS POR ANKOM TECHNOLOGY CORPORATION.....	7
FIGURA 4. BOLSAS LAVADAS EN SECADO, PREVIO A SER INTRODUCIDAS A LA ESTUFA DE AIRE FORZADO.....	8

I. INTRODUCCIÓN

La característica principal de los rumiantes es la habilidad de alimentarse de pasto o forraje, debido a que tienen la posibilidad de poder degradar los carbohidratos estructurales del forraje como lo son la celulosa, hemicelulosa y pectina, ya que estos son muy poco digestibles para el estómago simple o no rumiantes, lo que le brinda a los rumiantes ventajas sobre ellos (Relling y Mattioli, 2002).

En los sistemas extensivos prevalece la utilización de pasturas naturales y naturalizadas como dieta básica, pero la calidad de las mismas disminuye durante la época de secas, lo que obliga a la utilización de concentrados o suplementos con alto valor nutritivo y como consecuencia se aumentan los costos de alimentación, lo que limita a los pequeños productores para utilizar dichos insumos (Izaguirre y Martínez, 2008).

El forraje que se obtiene de los sistemas silvopastoriles constituye una valiosa alternativa de suplementación para el ganado, ya que sustituye grandes cantidades de concentrados los cuales debido a su elaboración a base de granos son cada vez más caros (Rodríguez, 2011).

Las especies forrajeras arbóreas han sido de vital importancia en la alimentación de rumiantes, en este sentido la *Moringa oleífera* es un árbol que ha despertado demasiado interés debido al potencial de esta planta y a sus características tales como; una alta tasa de crecimiento, alta productividad de follaje, alta capacidad de rebrote, excelente tolerancia a la poda, altos contenidos de proteína en las hojas y un vigoroso desarrollo radicular (Foidl et al., 1999).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del reemplazamiento parcial de Alfalfa (*Medicago sativa*) por Moringa (*Moringa oleifera*) sobre la degradabilidad de los nutrientes de una dieta para bovinos lecheros en producción.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar la degradabilidad *in situ* de los nutrientes de una dieta con sustitución parcial de Alfalfa (*Medicago sativa*) por Moringa (*Moringa oleifera*) a diferentes tiempos de incubación.
2. Determinar la cinética de degradación *in situ* de la materia seca, proteína y fracciones de fibra de una dieta para bovinos lecheros en producción con sustitución parcial de Alfalfa (*Medicago sativa*) por Moringa (*Moringa oleifera*).

III. HIPÓTESIS

La sustitución creciente de alfalfa (*Medicago sativa*) por Moringa (*Moringa oleífera*) en la dieta de bovinos lecheros en producción no modifica la degradabilidad *in situ* y los parámetros de la cinética digestión ruminal de los nutrientes.

IV. JUSTIFICACIÓN

Se tiene poca información sobre degradabilidad *in situ* del forraje de moringa debido a que no hay muchos estudios sobre ello con esta técnica, algo importante a destacar con este estudio es que permite la capacidad de poder predecir el aporte de nutrientes que un forraje hará a la flora ruminal, y con ello generar raciones con más eficiencia (Jarquin y Rocha, 2012).

En las últimas dos décadas se han realizado investigaciones tendientes a la identificación de principios activos y sus mecanismos de acción, lo que ha permitido explicar muchos de los efectos benéficos previamente conocidos, optimizar su explotación y proponer nuevas aplicaciones. No obstante, aún se requiere la confirmación científica de algunos usos (Martín et al., 2013).

Dada la importancia nutricional como económica de esta especie, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del reemplazamiento parcial de Alfalfa (*Medicago sativa*) por Moringa (*Moringa oleifera*) sobre la degradabilidad de los nutrientes de una dieta para bovinos lecheros en producción.

V. MATERIAL Y MÉTODO

5.1. Área experimental

El experimento se llevó a cabo en el Centro Universitario UAEM Temascaltepec, ubicado en el Km. 67.5 de la carretera federal Toluca-Tejupilco, en Temascaltepec, México (Figura 1).



Figura 1. Vista aérea del Centro Universitario UAEM Temascaltepec. En círculo se indica la ubicación de la Posta.

5.2. Animales

Se utilizó 1 hembra bovina raza Holstein Friesian, con edad de 7 años y peso de 470 kg, la cual estará provista de una canula en rúmen (Figura 2).

5.3. Manejo

La hembra bovina fue inyectada con 2 ml de vitamina ADE (Vigantol®) 15 días antes de comenzar con el experimento. La hembra bovina permaneció en semiestabulación, ya que estuvo en pastoreo mañana y tarde, dos horas respectivamente, en una pradera conformada en un 100 %

de pasto nativo, y fue suplementada con 3000 gramos/día de una dieta balanceada con un contenido de PC del 14 % y 2.5 Mcal/Kg.

Al mismo tiempo se suministró minerales a libre acceso (pre-mezcla de vitaminas y minerales SEPA®).



Figura 2. Bovino Holstein, provisto de una cánula en el rumen, empleado en el experimento.

5.4. Tratamientos

Se formularon dietas integrales iso-proteicas e iso-energéticas con contenidos similares de fibra, para cumplir con los requerimientos nutricionales de bovinos lecheros en producción, según las recomendaciones del NRC (2001) (Cuadro 1). En el balanceo de raciones se incluyeron ingredientes locales disponibles como: grano de sorgo molido, harina de soya, melaza de caña, premezcla mineral-vitaminica y forraje de M. oleífera incluido en niveles crecientes (0, 100, 200 y 300 g kg⁻¹ de MS).

Las muestras de las dietas experimentales fueron deshidratadas (45 °C durante 48 horas) y posteriormente molidas a un tamaño de partícula de 1 mm y almacenadas en bolsas de plástico, para posteriores determinaciones de composición química y fermentación ruminal *in situ*.

5.5. Degradabilidad de la fibra y de la proteína

Se utilizó la técnica de la bolsa, basada en la metodología descrita por Ørskov et al. (1980) con las modificaciones metodológicas propuestas por ANKOM Technology Corporation. Se pesaron 0.25 g de MS por cuadruplicado para cada uno de los tratamientos experimentales (M0, M10, M20 y M30) y fueron depositados en bolsas filtro (5x5.5 cm) de poliéster multicapa (bolsas F57).

Las muestras fueron incubadas en diferente tiempo en el rumen de la hembra bovina (Figura 3).



Figura 3. Incubación de bolsas, según la metodología señalada por Ørskov et al. (1980) con las modificaciones metodológicas propuestas por ANKOM Technology Corporation.

Una vez cumplido cada tiempo de incubación, las bolsas fueron retiradas y lavadas con agua corriente hasta quedar clara, y posteriormente fueron deshidratadas en estufa de aire forzado a 65 °C hasta alcanzar peso constante para determinar la MS residual (Figura 4). Finalmente se determinó, por duplicado, el contenido de FDN y FDA (Van Soest et al., 1991) en un analizador

de fibra ANKOM200, asimismo se determinó por duplicado el contenido residual de proteína (AOAC, 1999) para calcular la degradabilidad de la proteína y fracciones de fibra (FDN, FDA y Hemicelulosa), respectivamente.



Figura 4. Bolsas lavadas en secado, previo a ser introducidas a la estufa de aire forzado.

5.6. Diseño experimental

Los datos de la fermentación ruminal *in situ* y la degradabilidad de los nutrientes fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con 4 tratamientos (M0-M30) y 5 repeticiones, utilizando procedimiento general para modelos lineales (GLM) de SAS (2002). Se utilizó el modelo estadístico:

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

donde: Y_{ij} representa la respuesta de la ij -ésima observación de la variable independiente; μ representa la media general; T_i representa el efecto de la i -ésima inclusión de Moringa y E_{ij} representa el error aleatorio. Las medias de las variables significativas se compararán con la prueba de Tukey al nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Se utilizó la prueba de contraste polinómico para determinar el efecto lineal y cuadrático de los niveles de inclusión de *Moringa oleífera* sobre todas las variables dependientes.

VI. RESULTADOS

En el Cuadro 1 se muestra la composición química de las dietas empleadas, las cuales pueden considerarse isoproteicas e isoenergéticas. Se observa que las dietas se encuentran dentro del rango de recomendación de proteína para bovinos. La energía contenida en la dieta cubre los requerimientos para ganado bovino productor de leche.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química (g/kg MS) de las dietas experimentales y harina de *Moringa oleífera*.

	Dietas ^a				<i>M. oleífera</i>
	M0	M5	M10	M15	
Ingredientes					
<i>M. oleífera</i>	0	50	100	150	
Heno de alfalfa	265	204	143	81	
Soya	86	94	103	111	
Maíz	180	180	180	180	
Sorgo	114	104	94	86	
Rastrojo de sorgo	325	338	350	362	
Pre-mezcla mineral ^b	30	30	30	30	
Composición química					
Proteína	132	131	136	143	263
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.82	2.83	2.85	2.91	2.73
Fibra detergente neutro	387	361	379	381	230
Fibra detergente ácido	214	209	214	201	157
Hemicelulosa	173	152	165	180	73
Materia orgánica	914	910	911	915	895

^a *Moringa oleífera* adicionada a la dieta totalmente mezclada a 0% (M0), 5% (M5), 10% (M10), y 15% (M15), respectivamente.

^b Composición por 1 kg de premezcla mineral (vitamina A 2,000,000 IU, vitamina D3 400,00 IU, vitamina E 400 mg, Mn 12.80 g, Zn 9.00 g, I 1.56 g, Fe 6.42 g, Cu 1.60 g, Co 50 mg, Se 32 mg).

En el Cuadro 2 se muestra la degradabilidad *in situ*, a diferentes tiempos, de la materia seca de las dietas para vacas lecheras con diferente nivel de inclusión de *Moringa oleifera* en sustitución de *Medicago sativa*. No se encontraron diferencias entre los diferentes tratamientos en ninguno de los tiempos de incubación. El análisis de contraste polinómico muestra una tendencia en el tiempo de 48 h, del cual se puede observar que el incremento de inclusión de *Moringa* incrementa la degradabilidad *in situ* de la materia seca de la dieta.

Cuadro 2. Degradabilidad *in situ* de la materia seca (DMS, %) de dietas para vacas lecheras con diferentes niveles de *Moringa oleifera* a diferentes tiempos de incubación en el rumen.

	Dietas ^a				P-valor			
	M0	M5	M10	M15	Control vs. M. oleifera	Lineal	Cuadrático	Cubico
DMS								
6 h	41.64	42.75	43.27	42.19	0.184	0.478	0.132	0.732
12 h	46.72	45.52	47.15	46.43	0.611	0.773	0.686	0.079
24 h	55.70	55.53	55.82	55.59	0.952	0.989	0.972	0.787
48 h	65.61	66.74	65.72	68.37	0.158	0.060	0.337	0.118

^a *Moringa oleifera* adicionada a la dieta totalmente mezclada a 0% (M0), 5% (M5), 10% (M10), y 15% (M15), respectivamente.

Cuadro 3. Degradabilidad *in situ* de la proteína (DPC, %) de dietas para vacas lecheras con diferentes niveles de *Moringa oleifera* a diferentes tiempos de incubación en el rumen.

	Dietas				P-valor			
	M0	M5	M10	M15	Control vs. M. oleifera	Lineal	Cuadrático	Cubico
DPC								
6 h	46.70	47.79	48.53	47.72	0.105	0.210	0.165	0.677
12 h	56.67	55.57	57.27	56.56	0.764	0.610	0.743	0.076
24 h	66.37	66.80	66.80	66.45	0.849	0.796	0.840	0.625
48 h	77.45	77.66	77.53	79.79	0.173	0.016	0.078	0.265

^a *Moringa oleifera* adicionada a la dieta totalmente mezclada a 0% (M0), 5% (M5), 10% (M10), y 15% (M15), respectivamente.

En el Cuadro 3 se muestra la degradabilidad *in situ*, a diferentes tiempos, de la proteína de las dietas para vacas lecheras con diferente nivel de inclusión de *Moringa oleifera* en sustitución de *Medicago sativa*. No se encontraron diferencias entre los diferentes tratamientos en ninguno de los tiempos de incubación. El análisis de contraste polinómico muestra un efecto significativo en el tiempo de 48 h, del cual se puede observar que el incremento de inclusión de *Moringa* incrementa la degradabilidad *in situ* de la proteína de la dieta.

VII. CONCLUSIÓN

Moringa oleífera es un árbol con alto potencial para suplir deficiencias alimenticias en sistemas productivos tropicales, especialmente en rumiantes, ya que cuenta con aceptables valores nutricionales, buena palatabilidad, adaptabilidad a condiciones agrestes y alta producción de biomasa.

La variabilidad en los valores encontrados en los diferentes estudios con relación a la calidad bromatológica de *Moringa oleífera* de este estudio, se pueden deber a condiciones agroclimáticas diversas o a características fenológicas de la planta, y estado de madurez. Además de las condiciones en que se desarrollan los estudios con diversidad en el tipo de material usado, las mezclas elaboradas, las metodologías y técnicas utilizadas, constituyen factores de variación en los resultados encontrados.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adegun MK, Aye PA, Dairo FAS. 2011. Evaluation of *Moringa oleifera*, *Gliricidia sépium* and *Leucaena leucocephala* based multinutrient blocks as feed supplements for sheep in South Western Nigeria. *Agric Biol J N Am* 2: 1395-1401. doi:10.5251/ abjna.2011.2.11.1395.1401
- Akinfemi A, Adesanya AO, Aya VE. 2009. Use of an in vitro gas production technique to evaluate some Nigerian feedstuff. *Am Eurasian J Sci Res* 4: 240- 245.
- AlMasri MR. 2003. An in vitro evaluation of some unconventional ruminant feeds in terms of the organic matter digestibility, energy and microbial biomass. *Trop Anim Health Prod* 35: 155-167. doi: 10.1023/A:1022877603010
- Alexander G, Singh B, Sahoo A, Bhat TK. 2008. In vitro screening of plant extracts to enhance the efficiency of utilization of energy and nitrogen in ruminant diets. *Anim Feed Sci Tech* 145: 229-244. doi:10.1016/j.anifeedsci. 2007.05.036
- Almanza AJJ, Espinoza DJR, Rocha L, Reyes-Sánchez N, Mendieta Araica B. 2013. Degradabilidad ruminal del follaje de *Moringa oleifera* a tres diferentes edades de rebrote. *Calera* 13(21): 76-81.
- Almeyda Matías J., 2012. Manual Técnico. "Producción de ganado vacuno lechero en sierra" P:44.
- Almeyda, J.M. 2005 Alimentación y manejo de vacunos lecheros. Unalm. Lima, Perú.
- Araujo, F; Vergara, L. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. *Producción animal* 15:133-140.
- Aregheore EM. 2002. Intake and digestibility of *Moringa oleifera* batiki grass mixtures by growing goats. *Small Ruminant Res* 46: 23-28. doi: 10.1016/ S0921-4488(02)00178-5

- Astuti DA, Baba AS, Wibawan IWT. 2011. Rumen fermentation, blood metabolites, and performance of sheep fed tropical browse plants. *Media Peternakan* 34: 201-206. doi: 10.5398/medpet.2011.34.3.201
- Ben Salem H, Makkar HPS. 2009. Defatted Moringa oleifera seed meal as a feed additive for sheep. *Anim Feed Sci Tech* 150: 27-33. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2008.07.007
- Bonal, R. R., Rivera, O. R. & Bolívar, C. M. (2012). *Moringa Oleífera: Una opción saludable para el bienestar. Rev. Medisan, 16(10), 1596-1599.*
- Bondj, A. A. 1989. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 P.
- Brisibe EA, Umoren UE, Brisibe F, Magalhaes PM, Ferreira JFS, Luthria D, Wu X, Prior RL. 2009. Nutritional characterization and antioxidant capacity of different tissues of *Artemisia annua* L. *Food Chem* 115: 1240-1246. doi: 10.1016/j.foodchem. 2009.01.033
- Camargo, M. 2000. *Sistemas de vacunos doble propósito. x congreso venezolano de zootecnia. Unellez-Guanare, Venezuela. 193-199.*
- Carballo N. 2011. *Moringa oleifera Lam. Árbol de la vida. La Habana: CENPALAB. 12 p.*
- Castro M, A. M. (2013). *El Árbol Moringa (Moringa Oleifera Lam.): Una Alternativa Renovable Para El Desarrollo De Los Sectores Económicos Y Ambientales De Colombia.*
- CeballosA,NogueraRR,BolívarDM, Posada SL. 2008. Comparación de las técnicas in situ de los sacos de nylon e in vitro (DaisyII) para estimar la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Livest res rural dev* 20(7). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd20/7/ceba20108.htm>
- Church. W.G. Y Pond.1990, *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Edición Limusa México, Segunda Edición.*
- Cone JW, Van Gelder AH. 1999. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Anim Feed Sci Technol* 76: 251-264. doi: 10.1016/S0377- 8401(98)00222-3

- Cornelissen JHC, Lavorel, S, Garnier E, Diaz S, Buchmann N, Gurvich DE, Reich PB, et al. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Aust J Bot* 51: 335-380.
- Cruz, B. J. O., Vázquez, G. E., Obregón, J. F. Pérez, A. P., 2009. Alimentación de ovinos con moringa. *moringa oleifera, una alternativa forrajera para sinaloa. fundación produce Sinaloa. Universidad Autónoma De Sinaloa/Gobierno De Sinaloa/Sagarpa.*
- Falasca S, Bernabé MA. 2008. Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de Moringa oleifera en Argentina. *Redesma*. [Internet]. Disponible en: http://api.ning.com/files/Meaxm2/Moringa_investigacin_Argentina.pdf
- Falasca S. 2008. Las especies del género *Jatropha* para producir biodiesel. *Redesma* 19 p. [Internet]. Disponible en: <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Espgenjatprobioar.pdf>
- FAO. (2015). Producción y productos lácteos. *Sistemas de producción. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.* Disponible En: Http://Www.Fao.Org/Agriculture/Dairy-Gateway/Produccion-Lechera/Sistemas-De-Produccion/Es/#.Vtinbtj_Oko. Febrero 2015.
- Fernández M.A.E. 2017. *Producción de carne y leche bovina en sistemas silvopastoriles - 1a Ed.* ISBN: 978-987-521-800-0. Bordenave, Buenos Aires: Ediciones Inta, 2017. Libro Digital, 195p.
- Ferreira F, Urrutia G, Alonso-Coello P. 2011. Revisiones sistémicas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Rev Esp Cardiol* 64: 688-696. doi: 10.1016/j.recesp.2011.03.029
- Foidl N, Mayorga L, Vásquez W. 2011. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. Conferencia electrónica de la FAO sobre «Agroforestería para la

producción animal en Latinoamérica». [Internet]. Disponible en: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm>

Foidl, N. et al. The potential of *Moringa Oleifera* for agricultural and industrial uses. Proceedings of the 1st what development potential for Moringa products? Dar Es Salaam, Tanzania. 2001.

Foidl, N. et al. Utilización del marango (*Moringa Oleifera*) como forraje fresco para ganado. Agroforestería para la alimentación animal en latinoamérica. (Eds. M.D. Sánchez Y M. Rosales). Estudio Fao: Producción y sanidad animal No. 143, P. 341. 1999

Folkard G, Sutherland J. 1996. Moringa oleifera un árbol con enormes potencialidades. Agroforestería en las Américas. [Internet]. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/LEAD/X6324S/X6324S00.pdf>

Frutos P, Hervas G, Ramos G, Giraldez FJ, Montecon AR. 2002. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. Anim Feed Sci Tech 95: 215-226. doi: 10.1016/S0377-8401(01)00323-6

Garavito, U. 2008. *Moringa Oleifera*, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel.

García G, Ivan A. 2001. Universidad Nacional Autónoma De Chihuahua. Facultad De Zootecnia. "Sistema digestivo en rumiantes" Anatomofisiología. P:8

García Tobar E Ing. Agr. Marcos Gingins. 1969. Conferencia En Dpto. Zootecnia, Fac. Agr. Y Vet. Uba. Anatomía y fisiología del aparato digestivo de los rumiantes. [Www.Produccion-Animal.Com.Ar](http://www.Produccion-Animal.Com.Ar)

Gasque., G.,R. Alimentación de vacas lecheras de alta producción. Sextas Jornadas Bovinas, Alternativas para mejorar la salud y producción bovina en México. Fmvz-Unam 9-10 De Septiembre De 2010., (Pp.,84-87)

- Getachew G, Makkar HPS, Becker K. 2000. Effect of polyethylene glycol on in vitro degradability and microbial protein synthesis from tannin rich browse and herbaceous legumes. *Br J Nutrit* 84: 73-83.
- Getachew G, Robinson PH, De Peters EJ, Taylor SJ. 2004. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol* 111: 57-71. doi: 10.1016/S0377-8401(03)00217-7
- Goñmez Ortega OR, Amaya Rey MC. 2013. ICRESAI-IMeCl: Instrumentos para elegir y evaluar artículos científicos para la investigación y la práctica basada en evidencia. *Aquichan* 13: 407- 420.
- Gutiérrez PM. 2012. 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. Tesis de grado. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. 35 p.
- Hazard, S. 2000. Importancia De La Nutrición En La Reproducción De Las Vacas Lecheras. Argentina.
- Higgins JPT, Green S. 2011. Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones. v. 5.1.0 [Internet]. Disponible en: https://es.cochrane.org/sites/es.cochrane.org/files/uploads/Manual_Cochrane_510_reduit.pdf
- Hoffmann EM, Muetzel S, Becker K. 2003. Effects of Moringa oleifera seed extract on rumen fermentation in vitro. *Arch Tieremahr* 57: 65-81. doi: 10.1080/0003942031000086617
- Izaguirre, F.F., Martínez T. J. J. 2008. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en marcha*, Vol. 21-1, Enero a Marzo de 2008, P.40.
- 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 2012. Tesis para optar al grado de Ingeniero Zootecnista en La Universidad Nacional Agraria (Una), Managua, Nicaragua. Calera 13(21): 76-81.
- Jelali R, Ben Salem H. 2014. Daily and alternate day supplementation of Moringa oleifera leaf meal or **soya bean** meal to lambs receiving oat hay. Livest Sci 168: 84-88. doi: 10.1016/j.livsci.2014.07.005
- Jyothi, P.V. et al. 1990. Ecología de la polinización de Moringa oleifera (Moringaceae). Procedimientos de la Academia India de Ciencias (Ciencias de las plantas). 100: 33
- Lam Kim Yen, Luu Huu Manh, Bach Tuan Kiet, Nguyen Nhut Xuan Dung, Tran Phung Ngoi. 2007. Effect of Moringa oleifera on performance and nitrogen utilization of growing goats. En: MEKARN Regional Conference 2007.
- Lammers, B., Heinrichs, A., Ishler, V. 2002. Uso de ración total para vacas lecheras. Universidad de Pensilvania.
- Lastra y Peralta Am. La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000"Carne. Sagarpa. 2000.
- Liñán T, F. Moringa Oleífera El árbol de la nutrición. Ciencia y salud virtual, [S.L.], V. 2, N. 1, P. 130-138, Dic. 2010. Issn 2145-5333.
- Luu Huu Manh, Nguyen Nhut Xuan Dung, Tran Phung Ngoi. 2005. Introduction and evaluation of Moringa oleifera for biomass production and as feed for goats in the Mekong Delta. Livest Res Rural Dev 17(9). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/manh17104.htm>
- Makkar HPS, Becker K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and etanol extracted Moringa oleifera leaves. Anim Feed Sci Tech 63: 211-228. doi: 10.1016/S0377-8401(96)01023-1

- María Et Al., 2013. Sistemas de producción y calidad de la carne de bovino. Macroproyecto "Indicadores de calidad en la cadena de producción de carne fresca en México" Con registro y fondos de Sagarpa- Conacyt No. 109127.
- Martín C, Martín G, García A, Fernández T, Hernández E, Puls J. 2013. Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica. Pastos y Forrajes 36: 137-149.
- Martín, C. Martín, G. Teresa, F, G. Ena, H. Y Jurgen Puls,. 2013 Potenciales aplicaciones de *Moringa Oleifera*. Una revisión crítica. *Pastos y forrajes*, Vol. 36, No. 2, Abril a Junio, Pp:137-149.
- Martínez, A., Sánchez, J. 2006. Alimentación y reproducción de vacas lecheras.
- Melesse A, Steingass H, Boguhn J, Rodehutschord M. 2013. In vitro fermentation characteristics and effective utilisable crude protein in leaves and green pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera* cultivated at low and mid altitudes. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 97: 537-546. doi: 10.1111/j.1439-0396.2012.01294.x
- Melesse A., Bulang M., Kluth H. 2009. Evaluating the nutritive values and in vitro degradability characteristics of leaves, seeds and seedpods from *M. stenopetala*. *J Sci Food Agric* 89: 281- 287. doi: 10.1002/jsfa.3439
- Mendieta Araica B, Spórndly R, Reyes Sánchez N, Spórndly E. 2011. *Moringa* (*Moringa oleifera*) leaf meal as a source of protein in locally produced concentrates for dairy cows fed low protein diets in tropical areas. *Livest Sci* 137: 10-17. doi: 10.1016/j.livsci. 2010.09.021
- Merchen, N. R. 1993. Digestión, absorción y excreción en los Rumiantes. En: D. C. Church (Ed.). *El rumiante, Fisiología digestiva y nutrición*. Tomo I. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 191-223.

- Montejo IL, López O, Sánchez T, Muetzel S, Becker K, Lamela L. Efecto del nivel de inclusión de soya en la digestibilidad in vitro de la harina de piscidium de Moringa oleifera. Pastos y Forrajes 35: 197-204.
- Morton, J.F. 1991. El rábano picante, Moringa pterigosperma (Moringaceae) ¿Una bendición para las tierras áridas? Botánica económica 45 (3): 318
- Moyo B, Masika PJ, Muchenje V. 2014. Effect of feeding moringa (Moringa oleifera) leaf meal on the physicochemical characteristics and sensory properties of goat meat. S Afr J Anim Sci 44: 64-70.
- Murro JK, Muhikambe VRM, Sarwatt SV. 2003. Moringa oleifera leaf meal can replace cotton seed cake in the concentrate mix fed with Rhodes grass (Chloris gayana) hay for growing sheep. Livest res rural dev 15(11). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd15/11/murr1511.htm>
- Nouala FS, Akinbamijo OO, Adewumi A, Hoffman E, Muetzel S, Becker K. 2006. The influence of Moringa oleifera leaves as substitute to conventional concentrate on the in vitro gas production and digestibility of groundnut hay. Livest res rural dev 18: 121. [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd18/9/noua18121.htm>
- NRC, National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press. Washington, Usa.
- Olson, M. E. Y S. G. Raza Mandimbison. 2000. Moringa Hildebrandtii: A Tree Extinct In The Wild But Preserved By Indigenous Horticultural Practices In Madagascar. Adansonia Sér. 3 22:217-221.
- Ørskov, E.R. 1994. Avances recientes en la comprensión de la transformación microbiana en los rumiantes. Ciencia de producción ganadera. 39: 53-60.

- Pacheco RM. 2006. Análisis del intercambio de plantas entre México y Asia de los siglos XVI al XIX. Tesis de maestría. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. 254 p.
- Patra AK. 2010. Aspects of nitrogen metabolism in sheep fed mixed diets containing tree and shrub foliages. *Br J Nutrit* 103: 1319-1330. doi: 10.1017/ S0007114509993254
- Paulino, J. 2006. Alimentación de vaca lechera de alta producción.
- Pedraza R, Pérez S, González M, González E, León M, Espinosa E. 2013. Indicadores in vitro del valor nutritivo de *Moringa oleifera* en época de seca para rumiantes. *Rev Prod Anim* 25 (Especial).
- Pérez A, Sánchez N, Amerangal N, Reyes F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 33: 1-16.
- Pérez AN, Ibrahim M, Villanueva C, Skarpe C, Cuerin H. 2013. Diversidad forrajera tropical 2. Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas. *Agroforestería en las Américas* 50: 44-52.
- Ramachandran C, Peter KV, Gopalak-rishnan PK. 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. *Econ Bot* 34: 276-283.
- Reich PB, Wright IJ, Cavender Bares J, Craine JM, Oleksyn J, Westoby KM, Walters MB. 2003. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *Int. J Plant Sci* 164(Suppl):S143-S164.
- Relling, A.,E. Mattioli, G., A. 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. *Fac.Cs Veterinarias U.N.L.P.* 72p
- Reta S, D. Santamaría C, J. Serrato C, S. Figueroa V, R. Berúmen P, S. 2007. Leguminosas con potencial forrajero para el ciclo de verano en la comarca lagunera. Folleto Técnico Num. 14 Octubre 2007. Inifap.

- Reyes F. 2010. Características y potencialidades de Moringa Oleífera, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y forrajes 33: 1-16
- Reyes Sánchez, N.; Rodríguez, R.; Mendieta Araica, B.; Mejía Sobalvarro, L.; Mora Taylor, A.P. 2009. Efecto de la suplementación con Moringa Oleífera sobre el comportamiento productivo de ovinos alimentados con una dieta basal de pasto guinea (*Panicum Maximun Jacq.*). La Calera. Universidad Nacional Agraria, Managua, Ni. 9(13). 60-69.
- Reyes SN. 2006. Moringa oleifera and *Cratylia argentea*: potential fodder species for ruminants in Nicaragua. PhD Thesis. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 51 p.
- Rocha, L.R.; Mendieta, B. 1998. Efectos de la suplementación con follaje de Moringa Oleífera sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. Tesis. Ing. Agro. Facultad De Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Ni. 36 P.
- Rodríguez R, González N, Alonso J, Domínguez M, Sarduy L. 2014. Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. Rev Cub Cienc Agric 48: 371-378.
- Rodríguez R. 2011. Alimentación de vacas lecheras con Moringa oleífera, fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche. Tesis de Maestría. Managua, Nicaragua: Univ Nacional Agraria. 35 p.
- Rodriguez, P.R.C. 2011. "Alimentación de vacas lecheras con Moringa Oleífera fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche". Tesis De Maestría En Agroecología y desarrollo sostenible. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria (Una).
- Sagarpa. 2009 Sistemas de producción y calidad de carne bovina. Macroproyecto "Indicadores de calidad en la cadena de producción de carne fresca en México". Octubre 2013, Isbn: 978-607-37-0095-5.

- Sagarpa. 2009. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México 2004. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Coordinación general de ganadería. [Http://Www.Sagarpa.Gob.Mx/Dgg](http://Www.Sagarpa.Gob.Mx/Dgg). 15 De Noviembre De 2015.
- Sánchez NR, Spórndly E, Ledin I. 2006. Effect of feeding different levels of foliage of Moringa oleifera to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. *Livest Sci* 101: 24-31. doi: 10.1016/j.livprodsci. 2005.09.010
- Sánchez., G., J., I. Alternativas de destete en bovinos productores de carne. Séptimas jornadas bovinas, alternativas para mejorar la salud y la reproducción bovina en México. FMVZ-UNAM, 1-2 Sept-2011. (Pp., 108-116).
- Sarwatt SV, Kapange SS, Kakengi AMV. 2002. Substituting sun flower seed cake with Moringa oleifera leaves as a supplemental goat feed in Tanzania. *Agroforest Syst* 56: 241-247. doi: 10.1023/A:1021396629613
- Sarwatt SV, Milangha MS, Lekule FP, Madalla N. 2004. Moringa oleifera and cottonseed cake as supplements for smallholder dairy cows fed Napier grass. *Livest Res Rural Dev* 16(6). [Internet]. Disponible en: [http:// www.lrrd.org/lrrd16/6/sarw16038.htm](http://www.lrrd.org/lrrd16/6/sarw16038.htm)
- Sharma, G.K. & Rains, V. 1982. Técnicas de propagación de Moringa Oleifera Lam. En: Mejora de la biomasa forestal, (Khosia, P.K., Ed.). Actas de un simposio. Sociedad India De Tree Scientist. Solan, India. Pag. 175
- Soliva CR, Kreuzer M, Foidl N, Foidl G, Machmüller A, Hess HD. 2005. Feeding value of whole and extracted Moringa oleifera leaves for ruminants and their effects on ruminal fermentation in vitro. *Anim Feed Sci Tech* 118:47-62.doi:10.1016/j.anifeedsci.2004.10.005
- Soria M, Carlos. 2008. Sistemas de producción animal 2. Nutrición y alimentación.
- UGRJ, Unión Ganadera Regional De Jalisco, <Http://Www.Ugrj.Org.Mx> 21 March, 2018, 22:35p.

Yokoyama, M. T. Y K. A. Johnson. 1988. Microbiología del rumen e intestino. en: el rumiante.
zootecnia de bovinos productores de carne, Unidad 2; J. Ignacio Sánchez Gómez. 2001. Memorias
UNAM.