

Universidad Nacional Experimental  
de los Llanos Occidentales  
"EZEQUIEL ZAMORA"



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

VICERRECTORADO  
DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
ESTADO PORTUGUESA

COORDINACIÓN  
ÁREA DE POSTGRADO

**PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE**  
***Moringa oleífera Lam.* A DIFERENTES EDADES Y ALTURAS DE CORTE.**

Autor: María Torrealba

Tutor: Cesar Zambrano

GUANARE, MAYO DE 2018

**Universidad Nacional Experimental  
de los Llanos Occidentales  
"EZEQUIEL ZAMORA"**



La Universidad que siembra

**Vicerrectorado de Producción Agrícola  
Coordinación de Área de Postgrado  
Postgrado Producción Animal Sustentable**

**PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN  
QUÍMICA DE  
*Moringa oleífera* Lam. A DIFERENTES EDADES Y  
ALTURAS DE CORTE.**

**Requisito parcial para optar al grado de**

*Magister Scientiarum*

**AUTOR: MARÍA Y. TORREALBA**

**C.I.: 16.511.394**

**TUTOR: CÉSAR ZAMBRANO**

**GUANARE, FEBRERO DE 2018.**

Universidad Nacional Experimental  
de los Llanos Occidentales  
"EZEQUIEL ZAMORA"



La Universidad que siembra

### APROBACIÓN DEL TUTOR

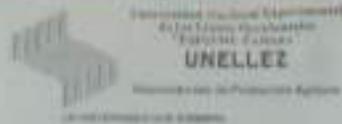
Yo CÉSAR ZAMBRANO, cédula de identidad N° 5.648.789, en mi condición de tutor hago constar que he leído el Trabajo de Grado titulado PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE *Moringa oleifera* Lam. A DIFERENTES EDADES Y ALTURAS DE CORTE, presentado por el ciudadano ING. DE PRODUCCION ANIMAL MARÍA YULETZI TORREALBA, cédula de identidad N° 16.511.394, para optar al título de *Magister Scientiarum en Producción Animal Sustentable* y lo apruebo tanto en contenido y forma

En la ciudad de Guarema, a los 20 días del mes de Febrero del año 2018.

CÉSAR ZAMBRANO

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'César Zambrano', written over a horizontal line.

Firma de Aprobación del tutor

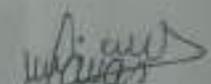


## ACTA DE DEFENSA PÚBLICA DE TRABAJO DE GRADO

En la sede del Vicerrectorado de Producción Agrícola de la UNELLEZ-Guanare, a las 10:00 a.m., del día viernes veinte de abril de dos mil dieciocho, se reunieron los profesores César Zambrano, Félix Salamanca y Marbella Arias, miembros del Jurado Evaluador designado por la Comisión Técnica de Estudios de Postgrado del Vice-Rectorado de Producción Agrícola, según Resolución N° CTEP 049/2018, de fecha 28-02-2018 Acta N° 003/2018 Ordinaria Punto N° 26, para proceder a emitir el veredicto sobre la defensa pública del Trabajo de Grado titulado: "PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MORINGA OLEÍFERA A DIFERENTES EDADES Y ALTURAS DE CORTE", desarrollado por la Ingeniero María Torrealba, de nacionalidad venezolana, titular de la cédula de identidad N° V-16.511.394, como requisito parcial para optar al grado académico de **MAGISTER SCIENTIARUM EN Producción Animal Sostenible**.

Cumplido el acto de presentación pública, el cual finalizó a las 10:30 a.m., los miembros del Jurado Evaluador resolvieron **Aprobar** el trabajo en su forma y contenido.

  
Félix Salamanca  
C.I. V-6.364.816  
UNELLEZ - Guanare  
Miembro Principal Interno

  
Prof. Marbella Arias  
C.I. V-7.543.131  
UPTE "JJ Montilla"  
Miembro Principal Externo

  
Prof. César Zambrano  
C.I. V-5.648.789  
UNELLEZ - Guanare  
Tutor



## AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecer a Dios Todo Poderoso, por ser el precursor de mi vida, por consolarme en tiempos difíciles y permitirme llegar hasta el final de esta maestría con salud y entusiasmo.

A mi familia por ser el pilar fundamental de mi vida, en especial a mi madre Ana Torrealba por su apoyo incondicional, a mi hija Yuliana Hidalgo por regalarme sonrisas, paz, esperanza y motivación, a mi compañero de vida Julián Hidalgo por su amor, comprensión y estímulo.

Al Profesor César Zambrano por dedicarme su valioso tiempo, desinteresada y constante asesoría, revisión y corrección de la presente investigación, por su denodado esfuerzo y constancia, por esa gran solidaridad Dios te bendiga, sin tu ayuda no hubiera sido posible la culminación de mi tesis.

A mis amigos y colegas compañeros de maestría, por esos gratos momentos compartidos, que jamás olvidaré.

A todos los profesores mil gracias, por brindarnos y transmitirnos todos sus conocimientos.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivo específico.....	4
CAPITULO I.....	5
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1. Antecedentes de la <i>Moringa oleífera Lam</i> .....	5
1.2. Descripción botánica, origen y distribución de la <i>M. oleífera Lam</i> .....	6
1.2.1. Clasificación taxonómica.....	
1.3. Ecología.....	7
1.4. Propagación.....	9
1.5. Densidad de siembra y altura de corte.....	9
1.6. Crecimiento y rendimiento de materia seca.....	10
1.7. Composición química.....	11
1.8. Usos de la <i>Moringa oleífera Lam</i> en la alimentación animal.....	13
CAPITULO II.....	15
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1. Ubicación del área de estudio.....	15
2.2. Condiciones climáticas.....	15
2.3. Cultivo de <i>Moringa oleífera Lam</i> .....	16
2.4. Descripción del ensayo.....	17
2.5. Metodología experimental.....	17

2.6. Variables a medir.....	17
2.7. Producción de biomasa vegetal.....	18
2.8. Composición química.....	18
2.9. Análisis estadístico.....	18
CAPITULO III.....	20
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
3.1. Prueba de F y significancia del análisis de la varianza.....	20
3.2. Altura de la planta y número de rebrotes primarios.....	21
3.2.1. Altura de la planta, interacción fecha y altura de corte.....	22
3.2.2. Número de rebrotes primarios, interacción fecha y altura de corte.....	23
3.3. Número de rebrotes secundarios.....	24
3.4. Número de hojas por rama secundaria.....	26
3.5. Producción de forraje.....	27
3.6. Composición química de la Moringa.....	29
CONCLUSIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
ANEXOS.....	37

## LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág
1	Composición bromatológica del follaje de árboles tropicales.....	10
2	Análisis de suelo.....	15
3	Prueba de F y significancia de la varianza.....	19
4	Altura de la planta y rebrotes principales según edad de corte.....	20
5	Altura de la planta según interacción fecha x altura de corte.....	21
6	Num rebrotes primarios según interacción fecha x altura de corte.....	23
7	Rebrotes secundarios según altura de corte de <i>Moringa oleífera</i> Lam..	24
8	Rebrotes secundarios según interacción fecha x edad de corte.....	24
9	Num hojas por rama secundaria según interacción fecha x edad x altu	26
10	Peso materia seca x ha según interacción fecha x edad x altura.....	28
11	Composición química de la Moringa a tres fechas y dos edades corte..	29

**LISTA DE FIGURAS**

Figura		Pág.
1	Ubicación lugar del estudio.....	14
2	Interac fecha x altura de corte sobre altura de la planta de <i>M oleífera</i>	22
3	Núm de rebrotes primarios de <i>M. oleífera</i> según interacción fecha y altura de corte.....	23
4	Número de rebrotes secundarios de <i>M. oleífera</i> según interacción fecha y edad de corte.....	25
5	Número de hojas por rama secundaria de <i>M. oleífera</i> para la interacción fecha, edad y altura de corte.....	26
6	Kg de MS/ha de <i>Moringa oleífera</i> para la interacción fecha, edad y altura de corte.....	28

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”  
VICERRECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
COORDINACIÓN DE ÁREA DE POSTGRADO  
MAESTRÍA PRODUCCIÓN ANIMAL SUSTENTABLE**

**PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE  
*Moringa oleífera Lam.* A DIFERENTES EDADES Y ALTURAS DE CORTE**

AUTOR: MARÍA TORREALBA

TUTOR: CÉSAR ZAMBRANO

**RESUMEN**

En la Unidad de Ovinos, UNELLEZ, Guanare, Portuguesa, clima bosque seco tropical, se evaluó la producción de biomasa vegetal (KMSHA), altura de la planta (A, cm), número de ramas primarias (NRP) y secundarias (NRS), hojas por rama secundaria (NHRS) y composición química de la *Moringa oleífera Lam.* Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas con tres repeticiones. Las variables se analizaron por fecha de corte (3), edad de corte (60 y 90 días) y altura de corte (30 y 60 cm), con arreglo factorial (3 x 2 x 2). (A, cm) a los 90 días fue 39,6 % superior que el corte a los 60 días. La mayor altura de corte de uniformidad promovió mayores (A, cm) y ésta tiende a disminuir en la época de mínima precipitación (fecha 3). La menor frecuencia y mayor altura de corte promovió mayor NRP, y fue superior ( $P < 0,5$ ) a los 60 días de corte. NRS fue superior ( $P < 0,05$ ) a la mayor (A, cm) y frecuencia de corte. En la fecha 1 (junio-julio), para la menor frecuencia de corte (60 días) y para las dos alturas de corte se presentó mayor NHRS. La frecuencia de corte mayor promovió mayor producción KMSHA para las dos alturas de corte, con mayor diferencia en las fechas 1 y 2. El promedio de PC fue 19,06 % y varió de 14,75 a 25,9 %. En las tres fechas el contenido de proteína cruda fue superior a la menor frecuencia de corte. A mayor valor de PC se tienen menor contenido de FND y FAD.

Palabras clave: biomasa forrajera, banco proteico, moringa, altura, edad.

## **BIOMASS PRODUCTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF *Moringa oleifera* Lam A DIFFERENT AGES AND CUT HEIGHTS**

### **SUMMARY**

In the Unit of Sheep of the UNELLEZ, Guanare, Portuguesa, tropical dry forest climate, the production of vegetal biomass (KMSHA), height of the plant (To, cm), number of primary branches (NRP) and secondary (NRS) was evaluated, leaves per secondary branch (NHRS) and chemical composition of the *Moringa oleifera* Lam. An experimental design of randomized complete blocks was used, according to treatments in divided plots with three repetitions. The variables were analyzed by cutting date (3), cutting age (60 and 90 days) and cutting height (30 and 60 cm), with factorial arrangement (3 x 2 x 2). Height of the plant (A) at 90 days was 39.6% higher than the cut at 60 days. The higher height of cut of uniformity promoted greater heights in the plant and this tends to decrease in the time of minimum precipitation (date 3). The lower frequency and higher cutting height promoted higher NRP, and was higher ( $P < 0.5$ ) at 60 days of cutting. NRS was higher ( $P < 0.05$ ) at the highest height and cutoff frequency. On date 1 (June-July), for the lowest frequency of cutting (60 days) and for the two cutting heights, NHRS was higher. The higher cutting frequency promoted higher KMSHA production for the two cutting heights, with greater difference on dates 1 and 2. The PC average was 19.06% and ranged from 14.75 to 25.9%. In all three dates, the crude protein content was higher than the lowest cutting frequency. The higher the PC value, the lower the content of FND and FAD.

Key words: forage biomass, protein bank, moringa, height, age.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alimentación de rumiantes en Venezuela, como en el resto de los países tropicales está basado principalmente en la utilización de pastos y forrajes, exclusivamente gramíneas. Sin embargo, la producción de pasto en general no es suficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales del animal durante todo el año en especial la época seca.

Las plantas forrajeras arbustivas tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción animal porque su rendimiento de forraje es mayor que las plantas herbáceas, pueden tolerar mejor el mal manejo y algunas tienen capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en localidades de sequía prolongada (Perdomo, 1991)

La *Moringa oleífera* Lam; se considera uno de los árboles más útiles del mundo, ya que cada parte del árbol se puede utilizar como alimento o tiene otras propiedades beneficiosas. En el trópico, se usa como forraje para el ganado; es un árbol excepcionalmente nutritivo con una variedad de usos potenciales, rico en vitaminas, minerales y proteínas (Isah *et al.* 2014). A pesar de que es considerado un árbol útil, actualmente es subutilizado en el área de influencia de los llanos del estado Portuguesa.

En el área de influencia de la UNELLEZ, no se han practicado y aplicado científicamente el manejo de la moringa, tratamientos y / o prácticas silvícolas como corte (edad y altura), fertilización, riego y densidad de siembra, entre otros. Agricultores en la zona han establecido plantaciones de *Moringa oleífera* Lam, su producción es adecuada para granjas pequeñas, pero las prácticas tradicionales y culturales no han sido estudiadas para mejorarlas.

En este contexto, el estudio de la actividad ganadera, bajo la modalidad de sistemas silvopastoriles, constituye un punto de vista necesario en las investigaciones para el desarrollo de sistemas ganaderos sostenibles en los trópicos. Una estrategia potencial de los pequeños y medianos productores, para incrementar la disponibilidad y calidad de los alimentos para rumiantes puede ser a través de la utilización de

árboles y arbustos forrajeros (Pezo, 1991). La inclusión de estos sistemas forrajeros significa un punto de partida en el reto de la ganadería tropical moderna; por un lado en incrementar la producción de leche y carne en forma acelerada y sostenible para suplir la creciente demanda de la población y por otro, en garantizar la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.

En vista de que la *moringa* es un árbol tropical con una gran importancia económica, los métodos de propagación eficiente se vuelven de creciente interés para los llanos venezolanos. Es indispensable el estudio de las prácticas agronómicas para determinar las mejores alturas y frecuencias de corte, que proporcionará información de referencia para futuras investigaciones. Existe escasa información sobre producción de biomasa y composición química de *Moringa oleífera* Lam; en condiciones de llanos occidentales; y aunque se conoce que esta planta no tolera exceso de humedad, es posible su cultivo sobre suelos ubicados en posición fisiográfica de banco.

La *Moringa oleífera* Lam; es un árbol no leguminoso que constituye una alternativa viable para los productores como suplemento, caracterizado por poseer un alto contenido de proteínas en sus hojas, ramas y tallos. Sus frutos y flores contienen vitaminas A, B y C y proteínas. Las semillas tienen entre 30 y 42 % de aceite y su torta contiene un 60 % de proteína (Foidl *et al.* 1999). Estos valores resultan muy positivos para la suplementación animal. Soporta una temperatura media anual de 12 °C a 40 °C a una precipitación mínima de 500 mm a una máxima de 1500 mm por año (Flores y Jaime, 2004).

Esta leñosa puede complementar las deficiencias de los pastos utilizados tradicionalmente en la alimentación de rumiantes, el cual presentan concentraciones de proteína que oscilan entre 3 y 10 % con una baja digestibilidad de la materia seca (Lascano, 1996). El cultivo de este árbol forrajero posee muchas ventajas, entre las que destacan su reproducción por estacas o semillas y crecimiento rápido, tanto en suelos alcalinos como ácidos, alcanzando alturas de 7-12 m. Asimismo, tolera climas propios del nivel del mar hasta los 1800 metros y hasta seis meses de sequía.

En los llanos Venezolanos durante la época de lluvias (Mayo a Octubre) existe abundante disponibilidad de forrajes; mientras que en la época de sequía (Noviembre a Abril) existe marcada deficiencia en la producción de biomasa forrajera, en consecuencia los animales presentan deficiencias nutricionales. La utilización de árboles forrajeros constituye una opción para mantener oferta de material verde durante la época de sequía para alimentar a los animales.

En este sentido, la información sobre comportamiento agronómico de *Moringa oleífera* Lam; en los llanos Occidentales en función de altura e intervalo de corte representa un aspecto fundamental para la incorporación de esta arbustiva forrajera en los sistemas de producción con bovinos en esta localidad.

El desarrollo de esta planta se puede establecer como una alternativa al cambio climático para la reforestación de zonas limitadas en la producción vegetal por condiciones edafoclimáticas adversas.

En este sentido se justifica esta investigación, para generar conocimiento sobre la productividad en biomasa de la moringa y composición química al someter a diferentes frecuencias y alturas de corte en condiciones agroecológicas propias de los llanos del estado Portuguesa.

Por todo lo anterior, Es necesario indagar sobre arreglos alimenticios que mejoren el estado nutricional de los rebaños y por ende su productividad. Los sistemas agroforestales, y específicamente los silvopastoriles, están llamados a paliar significativamente la limitante alimenticia en los sistemas de producción animal, la *Moringa* Lam; tiene alto potencial como suplemento forrajero en sistemas de corte y acarreo; sin embargo, al igual que con las leguminosas, el tipo de animal, la edad y experiencia previa, la época del año y la manera como se ofrezca el forraje, va a influir sobre el consumo y la producción animal. Por la importancia de esta planta en los sistemas agroforestales, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar la producción de biomasa y composición química de *Moringa oleífera* Lam; a dos intervalos y alturas de corte en la UNELLEZ, Guanare.

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### **Objetivo general**

Evaluar la producción de biomasa y composición química de *Moringa oleífera* Lam; a dos intervalos y alturas de corte en la UNELLEZ, Guanare

### **Objetivos específicos**

Evaluar el número de ramas principales y secundarias, y hojas por rebrote de *Moringa oleífera* Lam; en tres fechas, a dos edades y alturas de corte.

Cuantificar la producción de biomasa vegetal de *Moringa oleífera* Lam; en tres fechas, a dos edades y alturas de corte.

Determinar composición química (MS, PC, FND, FAD) de *Moringa oleífera* Lam; en tres fechas, a dos edades y alturas de corte.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1. Antecedentes de la Investigación

##### 1.1. Antecedentes de la *Moringa oleífera* Lam.

Sosa-Rodríguez *et al.* (2017) investigaron el efecto de cinco distancias de siembra en variables morfo agronómicas de *Moringa oleífera* Lam; el corte se efectuó a 10 cm sobre el nivel del suelo cada quince días. Las distancias de siembra incrementaron significativamente el número de rebrotes/plantas, con promedios de cinco y tres en la mayor y menor distancia de siembra respectivamente. El rendimiento de biomasa fresca disminuyó significativamente con el aumento de la distancia de siembra desde 7 t/ha con el tratamiento 10 x 10 cm, hasta 2 t/ha con 20 x 20 cm. A medida que aumentó la distancia de siembra, disminuyeron los rendimientos, lo que estuvo relacionado con el menor número de plantas en las distancias mayores y el periodo relativamente corto entre cortes.

Padilla *et al.* (2014) estudiaron durante cuatro cortes consecutivos, el efecto de la altura de corte (10, 20 y 30 cm) en la producción de biomasa y componentes del rendimiento de *Moringa oleífera* Lam vc. Plain. La altura de la planta mostró comportamiento irregular durante el experimento. El número de ramas primarias/planta fue mayor (8) cuando se cortó de 20-30 cm, en el segundo y tercer corte. Mientras que el número de ramas secundarias fue mayor cuando se cortó a 20 y 30 cm de altura en el cuarto corte. El número de hojas/planta fue mayor cuando se cortó de 20-30 cm en el tercer corte. En los otros cortes esta medida no se afectó por los tratamientos aplicados y los valores oscilaron entre 7,50 y 10,18 hojas/planta.

En cuanto al rendimiento de biomasa, en el primer corte fue menor (2,11 t MS/ha) cuando las plantas se cortaron a 30 cm de altura, y al considerar todo el período éste no se afectó por la altura de corte (2,77-2,96 t/ha MS).

Se desprende de este trabajo que la mejor altura de corte para esta planta debe ser entre 20-30 cm, sin embargo es necesario más investigación donde se combinen alturas de corte y frecuencia de corte para optimizar la producción de forraje.

Santiesteban *et al.*(2012) realizaron trabajo en Cuba, para analizar la altura de corte (10, 20, 30 y 40 cm) y frecuencia de corte (45 y 60 d) en la producción de biomasa de moringa para consumo animal encontraron tendencia al incremento de los valores con respecto al aumento de la altura y la frecuencia de corte. En este caso, informaron los mayores valores a la altura de corte de 40 cm y frecuencia de corte de 60 d. Cuando se emplean altas densidades de población, existe tendencia a cosechar entre 10 y 30 cm de altura.

Pérez *et al.* (2010) indicaron que cuando se emplean densidades bajas de siembra es recomendable cosechar a alturas mayores para provocar tallos más gruesos, con número mayor de rebrotes más vigorosos.

García *et al.* (2006) evaluó la composición química de seis especies en el estado Trujillo de Venezuela, entre las que se encontraba *M. oleífera* Lam. El contenido de proteína cruda en todas las plantas fue alto. Los niveles de P, Ca y Mg no presentaron variaciones importantes entre las arbóreas y las máximas concentraciones de K y Na se observaron en *M. oleífera* Lam (2,65 y 0,24 %, respectivamente). Esta especie, de forma individual, presentó uno de los mayores contenidos de carbohidratos solubles (24,1 %) y ceniza (25,8 %).

Croess y Villalobos (2008) señalaron que *Moringa oleífera* Lam; es un género de plantas con numerosas especies distribuidas en zonas áridas y semi áridas en Venezuela introducida como planta ornamental y cercas vivas.

## **1.2. Descripción botánica, origen y distribución de la *Moringa oleífera* Lam.**

*Moringa oleífera* Lam; árbol perteneciente a la familia *Moringaceae*, es nativo de las estribaciones meridionales del Himalaya y en la actualidad se cultiva prácticamente en todas las regiones tropicales, subtropicales y semiáridas del mundo.

Puede crecer en condiciones de escasez de agua, pero su cultivo intensivo, con irrigación y fertilización, aumenta los rendimientos de biomasa.

Foidl *et al.* (1999) describieron a la *Moringa oleífera* Lam; como un árbol que alcanza una altura de 7 a 12 metros y de 20 a 40 cm de diámetro de tallo, con una copa abierta, tipo paraguas, fuste generalmente recto. Las hojas son compuestas y están dispuestas en grupos de foliolo con cinco pares de estos acomodados sobre el peciolo principal y un foliolo en la parte terminal. En los foliolos hay láminas foliares ovaladas de 200 mm de área foliar organizado frontalmente entre ellos en grupos de cinco a seis. Las hojas son compuestas tripinadas con una longitud total de 30 a 70 cm. Sus flores son bisexuales, con pétalos blancos, estambres amarillos perfumados. Los frutos en cápsulas trilobuladas, dehiscentes de 20 a 40 cm de longitud, cada uno contiene de 12 a 25 semillas por fruto, las semillas son de forma redondeada, color castaño oscuro con tres alas blanquecinas. Cada árbol puede producir 15000 a 25000 semillas por año.

### **1.2.1. Clasificación taxonómica**

Reino: plantae

División: Embryophyta

Sub-división: diploidalia

Clase: dicotilidoneae

Orden: Rhoadales

Familia: moringaceae

Género: moringa

Especie: *Moringa oleífera*

### **1.3. Ecología**

Perez *et al.* (2010) plantearon su hábitat natural, crece hasta los 1400 m de altitud, a lo largo de los ríos más grandes en suelos aluvionales arenosos o guijosos, es muy resistente a la sequía y se cultiva en regiones áridas y semiáridas de la India,

Paquistán, Afganistán, Arabia Saudita y África del Este, donde las precipitaciones alcanzan sólo los 300 mm anuales.

La *Moringa* Lam; es resistente a la sequía y tolera una precipitación anual de 500 a 1500 mm. Además crece en un rango de pH de suelo entre 4,5 y 8, excepto en arcillas pesadas, y prefiere suelos neutros o ligeramente ácidos (Reyes, 2006).

La moringa crece en todo tipo de suelos, duros o pesados, ácidos hasta alcalinos (pH 4,5-8), con poca capacidad de retención de humedad y hasta en aquellos que presentan poca actividad biológica; no obstante, la mejor respuesta en desarrollo y productividad se obtiene en suelos neutros o ligeramente alcalinos, bien drenados o arenosos y donde el nivel freático permanece prolongado (Godino *et al.* 2013).

Durante los meses más fríos soporta entre -1°C y 3°C; mientras que en los meses más cálidos de 38°C a 48°C (Pérez *et al.* 2010). Estos autores también documentaron los requerimientos de nutrientes por hectárea por año para un rendimiento óptimo del cultivo intensivo de 1,8 kg calcio; 0,5 kg cobre; 1,4 kg magnesio; 380 kg fósforo; 0,6 kg boro; 280 kg nitrógeno y 0,3 kg zinc. Estos niveles de fertilización están sujetos a los porcentajes de nutrientes presentes en el suelo de manera natural.

Los daños causados por insectos en los cultivos de *Moringa oleífera* Lam; son principalmente por *Aphis aponecraccibora*, *Diaxenopsis cynoides* (perforador de tallo) y *Gítonia sp* (mosca de las frutas), además de hormigas y gusano minador de las hojas y *Mochrslatipes* (Foidl *et al.* 1999). En referencia a las enfermedades, estas pueden ocurrir en condiciones de mucha humedad la pudrición de las raíces (*Diploidia sp*) y el polvo de la papaya (*Levellula taurica*) (Flores y Jaime, 2004).

Según el estudio de García (2003), las plagas predominantes en la plantación de *Moringa* son las siguientes: gusano desfoliador (*Spodoptera spp.*), picudo abultado (*Phantomorus femoratus*) y zompopo (*Atta spp.*); este último es el de mayor importancia económica. Para el control de desfoliadores y picudos se utilizan métodos manuales de eliminación, ya que las poblaciones son bajas.

#### 1.4. Propagación

Según Foidl *et al.* (1999) la siembra se puede realizar por semillas o estacas. Las semillas germinan a los 10 días después de la siembra. Medina *et al.* (2007) reportaron emergencia de plántulas de *M. oleífera* Lam; a los tres días y 100 % de germinación hasta los 30 días en comparación con 95 % de *L. leucocephala*, y al final de la evaluación sobrevivencia de 100 % y 95 % para *M. oleífera* Lam y *L. leucocephala*, respectivamente.

La siembra de las semillas se realiza manualmente, a una profundidad de 2 cm, la semilla no requiere tratamientos pregerminativos y presenta porcentajes altos de germinación, mayores a 90 % (García, 2003)

Resulta evidente la superioridad en cuanto a la forma de propagación, germinación y sobrevivencia de la *Moringa* Lam; en comparación con otras de mayor difusión.

#### 1.5. Densidad de siembra y altura de corte

En trabajos de Foidl *et al.* (1999) se refiere que la *Moringa* Lam; posee gran velocidad y capacidad de rebrote, y que el primer corte se debe realizar a los cinco o seis meses después de la siembra. Los cortes posteriores, se sugiere efectuarlos con machete bien afilado, cada 45 d, en la época de lluvia, y cada 60 d en la poco lluviosa, a altura de 20 cm del suelo. Padilla *et al.* (2014) reportaron que la mejor altura de corte para esta planta debe ser entre 20-30 cm.

Sin embargo, Santiesteban *et al.* (2012), en trabajos realizados en Cuba, en suelo aluvial del Valle del Cauto, cuando analizaron la altura de corte (10, 20, 30 y 40 cm) y frecuencia de corte (45 y 60 d) en la producción de biomasa para consumo animal, encontraron tendencia al incremento de los valores con respecto al aumento de la altura y la frecuencia de corte. En este caso, se informaron los mayores valores a la altura de corte de 40 cm y frecuencia de corte de 60 d.

Pérez *et al.* (2010) señalan que cuando se emplean altas densidades de siembra se crean competencias entre plantas por nutrientes, agua, luz y espacio vital, lo que

provoca pérdida de 20 a 30 % de plántulas por corte e inciden en producción de biomasa. En tal sentido, Flores y Jaime (2004) recomiendan utilizar la densidad de siembra de 500.000 plantas por hectárea que facilita las actividades de manejo y una frecuencia de corte cada 75 días para mejor rendimiento en producción de biomasa.

Cuando se emplean altas densidades de población, existe tendencia a cosechar entre 10 y 30 cm de altura (Pérez *et al.* 2010). No obstante, la experiencia práctica de técnicos y productores en Cuba indica que cuando se emplean densidades bajas de siembra es recomendable cosechar a alturas mayores para provocar tallos más gruesos, con número mayor de rebrotes más vigorosos.

## **1.6. Crecimiento y rendimientos de materia seca**

Al parecer, el rápido desarrollo de *M. oleífera* Lam; es una particularidad de la especie. En este sentido, Toral (2005) evaluó el establecimiento en campo de 67 especies de leñosas forrajeras, y observó que la *Moringa* Lam; superó al resto incluso a *L. leucocephala* en cuanto a la rapidez de establecimiento, ya que alcanzó 2 m de altura a los siete meses, que es la prefijada para el inicio de la explotación.

Reyes (2004) afirmó que aporta gran cantidad de nutrientes pero, consecuentemente, sus extracciones al suelo también son elevadas.

Los rendimientos de materia seca pueden variar desde 2,6 hasta 34,0 t/ha/corte para densidades de 95 mil y 16 millones de plantas/hectárea, respectivamente, manifestando las densidades de siembra una alta influencia en los rendimientos. Además, las pérdidas después de la poda suelen ser mínimas con una densidad de hasta un millón de plantas/hectárea (Foidl *et al.* 1999). La densidad de 1 millón de plantas/ha se ha considerado como la óptima, por la producción de biomasa fresca, costo de siembra, manejo del corte y control de malezas en buenas condiciones agroclimáticas.

Para Sosa-Rodríguez *et al.* (2017), a medida que aumentó la distancia de siembra, disminuyeron los rendimientos, lo que estuvo relacionado con el menor número de plantas en las distancias mayores y el periodo relativamente corto entre

cortes. A pesar de que los rendimientos son mayores en las menores distancias, hay que tener en cuenta que la alta densidad de siembra crea una mayor competencia entre las plantas, vía fototropismo, incidiendo esto en pérdidas de plántulas de hasta 20-30% por corte, lo cual produce directamente altas pérdidas de material productivo por área (Pérez *et al.* 2010). Adicionalmente, los diámetros de los tallos fueron delgados, incidiendo negativamente en la producción de material. Aunque se obtuvieron altas cantidades de masa fresca a expensa de la alta densidad (Foild *et al.* 1999).

### 1.7. Composición química

La calidad nutritiva de una planta forrajera depende de su composición química, digestibilidad y consumo voluntario. El conocimiento de estos parámetros en los recursos forrajeros disponibles, permite el diseño de estrategias para mejorar la alimentación animal. En un estudio realizado por García *et al.* (2008) sobre características nutritivas del follaje de seis especies forrajeras entre ellas la *Moringa oleífera* Lam; se hace evidente el potencial de esta planta para la alimentación animal por sus aceptables valores nutricionales (Tabla 1), que en general son similares a las informadas en otras forrajeras de uso intensivo en sistemas silvopastoriles tropicales tales como *L. leucocephala*, *G. sepium* y *Acacia nilotica*

**Tabla 1. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL FOLLAJE DE ÁRBOLES TROPICALES.**

Especie	Indicador (%)					
	MS	PC	FDN	FDA	CHS	P
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	50,13	20,20	49,88	23,11	26,00	0,16
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	49,06	17,87	48,78	32,18	16,89	0,20
<i>Moringa oleífera</i> Lam	38,98	18,82	45,13	29,28	24,14	0,20
<i>Morus alba</i>	34,49	21,41	40,21	22,63	10,67	0,12
<i>Anacardium excelsum</i>	44,92	18,00	45,85	34,80	12,29	0,24
<i>Trichanthera gigantea</i>	40,37	16,79	44,26	24,43	12,22	0,14

MS: materia seca, PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutra, CHS: carbohidratos solubles, P: fosforo.  
Fuente: García *et al.* (2008).

El contenido de proteína cruda en todas las plantas fue alto. Los niveles de P, Ca y Mg no presentaron variaciones importantes entre las arbóreas y las máximas concentraciones de K y Na se observaron en *M. oleífera* Lam (2,65 y 0,24 %, respectivamente). Esta especie, de forma individual, presentó uno de los mayores contenidos de carbohidratos solubles (24,1 %) y cenizas (25,8 %).

Los autores señalan además que integralmente la biomasa comestible de *E. contortisilicum*, *M. oleífera* Lam; *M. alba* y *T. gigantea* presentan mayor factibilidad alimentaria; ya que contienen bajas concentraciones de compuestos secundarios y exhiben mayor degradabilidad ruminal de sus componentes, esta es una cualidad importante para seleccionar una forrajera en la suplementación animal.

En otro trabajo realizado por Rodríguez (2011), en la suplementación de vacas lecheras, determinó que el follaje y ensilaje de *Moringa oleífera* Lam; tuvieron altas concentraciones de proteína cruda (PC) y una baja concentración de fibra detergente neutro en comparación con el *P. purpureum* cv. CT-115 utilizado en el experimento y que el contenido de PC del suplemento es lo usual en alimentos comerciales balanceados para vacas lecheras en Centro América. Las investigaciones citadas resaltan el potencial que presenta *Moringa oleífera* Lam; y su consideración como componente en la suplementación alternativa de bovinos.

La edad de corte de la moringa afectó el rendimiento, lo que permite determinar el incremento óptimo del rendimiento esta especie a los 50 días.

Garavito (2008) reportó los análisis realizados a las hojas y los tallos jóvenes y desarrollados (maduros) de árboles de *M. oleífera* Lam; de seis años de edad, sembrados sexualmente en Tolima, Colombia. El contenido de PC sobrepasó el 20% en las hojas y tallos, tanto jóvenes como desarrollados.

La composición química varía en correspondencia con la fracción de la planta (Garavito 2008); hojas 24,99 %, tallos 11,22 % y hojas y tallos 21%; este autor encontró los mayores valores de proteína y energía metabolizable en las hojas y el más bajo valor de fibra cruda.

Medina *et al.* (2007) evaluaron a *M. oleífera* Lam; en la fase de vivero y en la producción de biomasa para ofrecerlo a los animales como complemento alimentario,

y señalaron que es un recurso fitogenético que se debe considerar en los sistemas ganaderos en las condiciones de Venezuela.

### **1.8. Usos de la *Moringa oleífera* Lam; en la alimentación animal**

De acuerdo a Rocha (2011), la *Moringa oleífera* Lam; posee cualidades nutricionales sobresalientes y está considerada como uno de los mejores vegetales perennes, que difícilmente se pueda encontrar otro alimento más completo en el cual los frutos verdes, semillas y raíces también son comestibles. Mendieta-Araica *et al.* (2009 y Reyes *et al.* 2006) resaltan el valor nutritivo de la moringa y reportan contenido de proteína cruda en rango de 17 a 26,8%, fibra detergente neutro de 32,12 a 52,1 % y fibra ácido detergente 22,35 a 36,1 %. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca en hojas y tallos alcanza valores de 79 y 57% respectivamente y energía metabolizable de 2,27 Mcal kg<sup>-1</sup> MS (Reyes, 2004).

La cantidad de nutrientes que un rumiante puede extraer de un alimento puede ser modificada por el tipo y cantidad de otros alimentos consumidos en el mismo día. Uno de los principales indicadores del valor nutritivo de un alimento para rumiantes es el consumo voluntario. Garavito (2008) resaltó el alto potencial que tiene la *M. oleífera* Lam; en la alimentación animal, por sus altos niveles de proteína y vitaminas puede ser un suplemento de importancia en la ganadería de leche y de ceba, así como en la dieta de aves, peces y cerdos, siempre que haya un balance nutricional.

Foidl *et al.* (1999) recomiendan la utilización de moringa como forraje fresco para el ganado, con intervalos de corte entre 35 y 45 días, en función de las condiciones de manejo del cultivo. Cuando se inicia la alimentación con *Moringa* Lam; es posible que se requiera de un período de adaptación y se ha llegado a ofrecer hasta 27 kg de material fresco/animal/día. Los contenidos de sustancias antinutricionales de la *Moringa* Lam; como los taninos y saponinas, son mínimos y no se han encontrado inhibidores de tripsina ni de lectina.

Price (2000) documentó que con el empleo de 40 a 50 % de *Moringa oleífera* Lam; en la dieta la producción de leche aumentó de 7 a 10 kg/vaca/día y

para ganado de engorde se registró una ganancia diaria de peso de 1.200 g/día suplementada con *Moringa Lam*; en comparación con 900 g/día sin la utilización de *Moringa Lam*. Rocha y Mendieta (1998), la utilizaron como suplemento forrajero en diferentes niveles de inclusión en la alimentación de vacas lecheras, encontraron un consumo aceptable sin efecto tóxico, así mismo se observó incremento de 6,3 a 9,6 l/día<sup>-1</sup> en la producción láctea. Igualmente Reyes (2006) reportó incrementos de 2,3 l/día<sup>-1</sup> de leche, sin afectar la composición química, y su valor nutricional. Esto permite destacar la importancia de este recurso en la suplementación animal en los periodos críticos de sequía.

## CAPITULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la unidad de Producción e Investigación Ovina de la UNELLEZ, ubicada en Mesa de Cavacas, Guanare, estado Portuguesa, situada geográficamente con las siguientes coordenadas  $9^{\circ} 4' 10''$  LN y  $69^{\circ} 48' 10''$  de LO.

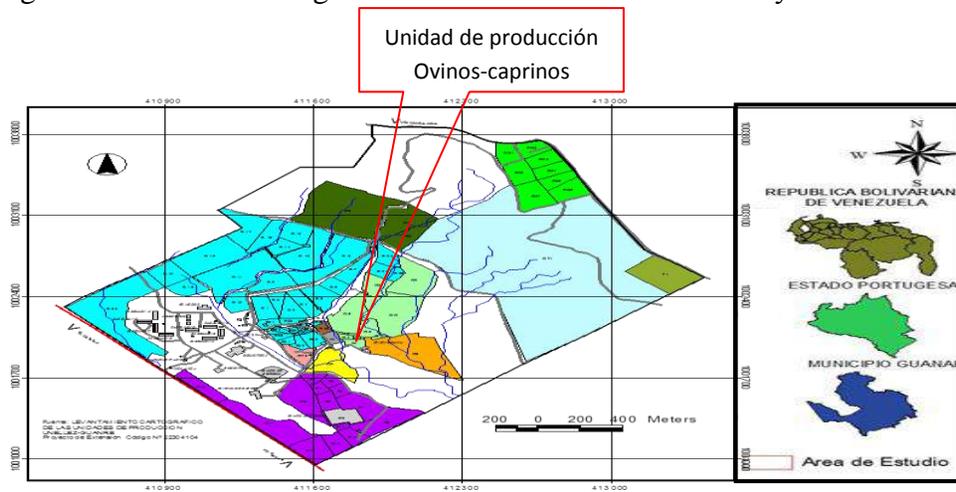


Figura 1. Ubicación lugar del estudio

#### 2.2. Condiciones climáticas

El clima se caracteriza por un Bosque Seco Tropical (Holdridgüe 1978) con una temperatura promedio anual de  $26,5^{\circ}\text{C}$ , una precipitación de  $1808\text{ mm / año}$  y una altitud promedio de  $255\text{ msnm}$ , y humedad relativa promedio  $71\%$ . El régimen pluviométrico de la región se caracteriza por presentar dos épocas bien definidas, una época seca entre los meses de Noviembre a Abril y época lluviosa entre los meses de Mayo a Octubre.

En la Tabla 2 se resume información de las características del suelo donde se llevó a cabo el ensayo, según análisis reciente. De acuerdo con esto el ensayo se realizó en suelo de textura arcillosa, infértil, pH ácido, con contenidos de fósforo y

potasio bajos, aptos para la agricultura. Clasificados según el sistema estadounidense como suelos de clase tres (inceptisoles) apropiados para la agricultura y la principal limitación es la baja fertilidad. En el presente caso se utilizó abono orgánico para mejorar las condiciones de fertilidad del suelo donde está establecido el cultivo.

**Tabla 2. ANÁLISIS DEL SUELO DEL ÁREA EXPERIMENTAL**

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Prof (cm)	0-30	Calcio (ppm)	992
pH (Rel 1:2)	4,7	Magnesio (ppm)	313
Cond Elect (dS/m)	0,04	Textura	Arcillosa
Mat Org (%)	1,50	Arena (%)	17,2
Fosforo (ppm)	1,5	Arcilla (%)	56,0
Potasio (ppm)	65	Limo (%)	26,8

### **2.3. Cultivo de *Moringa oleífera* Lam.**

El cultivo de la moringa, parcela con 300 plantas, fue sembrado a entrada del invierno del año 2015. La densidad de siembra fue 0,5 m entre plantas y entre hileras 1 m. La semilla para esta siembra se obtuvo de sembradío del INIA, Araure, estado Portuguesa. A los fines del presente ensayo se controló malezas manualmente (machetes, palas y rastrillos), se fertilizó con abono orgánico de la Unidad de Ovinos y para la época de sequía se aplicó riego interdiario, con el fin de mantener húmedo el suelo. Así mismo, la plantación se cercó con malla gallinera para impedir el acceso del ganado al área experimental.

El corte de uniformidad (60 y 30 cm de altura) al cultivo se realizó al momento que las plantas superaron el metro de altura (Lugo-Soto *et al.* 2009), que indicó el punto de partida para llevar a cabo el estudio. Los cortes sucesivos (edad y altura) se hicieron de acuerdo con los tratamientos estipulados.

## **2.4. Descripción del ensayo**

Para llevar a cabo el ensayo se contó con parcela de 20 m x 9 m (180 m<sup>2</sup>). Esta área experimental se dividió en tres bloques de 60 m<sup>2</sup> cada uno. Cada bloque se dividió en dos parcelas principales (30 m<sup>2</sup>) que correspondió a las edades de corte (60, 90), con bordura de 0,5 m y separación entre parcelas de 1,0 m; para un total de 4 parcelas principales. Así mismo, cada parcela principal se dividió en dos subparcelas (4 subparcelas/bloque), de 15 m<sup>2</sup> cada una, garantizando cuatro hileras de plantas sembradas; las sub-parcelas representaron las alturas de corte (30 y 60 cm). Esta distribución permitió un arreglo de 12 subparcelas con una distancia entre parcelas de 1 m, distancia entre bloques de 2 m y un área de bordura de 0,5 m alrededor, que facilitó el manejo del ensayo y las labores agronómicas.

## **2.5. Metodología Experimental**

El diseño experimental fue bloques completos al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas con tres repeticiones. Las variables se analizaron por fecha de corte (3), edad de corte (60 y 90 días) y altura de corte (30 y 60 cm), con arreglo factorial (3 x 2 x 2). El ensayo se desarrolló desde abril-2016 (corte de uniformidad) hasta enero-2017, para un total de tres cortes.

## **2.6. Variables a medir**

En cada subparcela se seleccionaron al azar seis (6) plantas de las hileras centrales, dejando de bordura dos hilos, así como la primera y la última planta, para las medidas correspondientes.

El material cosechado incluyó hojas con pecíolos. Se caracterizó la planta en cuanto a altura total (ALTP, cm) o distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice, medida con vara graduada con precisión en cm, número de rebrotes principales (NRP) y número de rebrotes secundarios (NRS), todos aquellos que emergen después

del corte y número de hojas por rebrote secundario (NHRS): todas las hojas totalmente abiertas presentes en el rebrote secundario.

## 2.7. Producción de biomasa vegetal

Se evaluó peso de materia verde total (hojas y pecíolos) por planta y por hectárea (KMSHA). La materia verde se secó en horno de circulación forzada de aire a 48 C° durante 48 horas, y por diferencia de peso se determinó el porcentaje de materia seca (MS) del follaje cosechado. A partir de la MV y MS se estimó la producción de biomasa (kg MS por planta y ha).

## 2.8. Composición Química

Para cada tratamiento se tomó muestra compuesta, y se determinó la composición química del follaje en cada caso. Se aplicó la metodología indicada por AOAC (1995) para la determinación de proteína cruda (N×6,25). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinó según Van Soest *et al.* (1991).

## 2.9. Análisis Estadístico

A las variables en estudio se les realizó análisis univariado (ANOVA). Para los promedios que se detectaron diferencias significativas en los análisis de varianza se aplicó una separación de medias de Tukey a una probabilidad de error del 5 %.

El modelo estadístico que aplicó fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \gamma_m + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\alpha\beta\delta)_{ijk} + \lambda_{ijkl} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$ : Observación de la  $l$ -ésima repetición de la  $k$ -ésima fecha de la  $j$ -ésima altura de corte y de la  $i$ -ésima edad de corte

$\mu$ : Media general.

$\alpha_i$ : Efecto de  $i$ -ésima edad de corte.

$\beta_j$ : Efecto de  $j$ -ésima altura de corte.

$\delta_k$ : Efecto de  $k$ -ésima fecha de corte.

$\gamma_m$ : Efecto de la  $m$ -ésima repetición.

$(\alpha \beta)_{ij}$ : Efecto de la interacción edad y altura de corte.

$(\alpha \delta)_{ik}$ : Efecto de la interacción edad de corte y fecha.

$(\beta \delta)_{jk}$ : Efecto de la interacción altura y fecha de corte.

$(\alpha \beta \delta)_{ijk}$ : Efecto de la interacción edad, altura y fecha de corte.

$\lambda_{ijkl}$ : Error experimental de la  $i$ -ésima edad de corte en la  $j$ -ésima altura de corte en la  $k$ -ésima fecha en la  $l$ -ésima repetición (Error a).

$\varepsilon_{ijk}$ : Error experimental de la  $i$ -ésima edad de corte en la  $j$ -ésima altura de corte de la  $k$ -ésima fecha (Error b).

Para el análisis de los datos se usó el paquete estadístico SPSS. Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para las variables a partir de la dócima de Shapiro y Wilk (1965) para la normalidad de los errores y la dócima de Levene (1960) para la homogeneidad de la varianza. Las variables con exceso de variación ( $CV > 25\%$ ), fueron transformadas con  $\sqrt{x}$  (NRP) y  $\ln$  (KMSHA).

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Prueba de F y significancia del análisis de la varianza sobre variables de producción de forraje de la *Moringa oleífera* Lam.

En la Tabla 3 se presentan valores de la prueba de F y significancia del análisis de varianza de variables indicadoras de producción de forraje de la *Moringa oleífera* Lam; al considerar los efectos simples e interacción de edad, altura y fecha de corte. En orden de importancia aplica el análisis de la interacción triple, luego la doble y en última instancia la simple (Tapia, 2012). Si hay efecto significativo de la interacción de tercer orden no es necesario estudiar los efectos medios de orden dos y uno. Cuando no aplica significancia de tercer o segundo orden, procede el análisis de los efectos de primer orden.

**TABLA 3. PRUEBA DE F Y SIGNIFICANCIA DEL ANOVA SOBRE VARIABLES DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE LA MORINGA OLEÍFERA LAM.**

Efecto	Variables				
	ALTP	NRP	NRS	NHRS	KMSHA
Edad de corte (EC)	177,948*	4,793*	265,75*	10,446*	187,13*
Altura de corte (AC)	24,097*	12,80*	16,48*	0,496ns	17,63*
Fecha(F)	22,585*	15,65*	234,37*	109,66*	6,92*
EC*AC	0,531ns	0,57ns	0,44ns	0,068ns	8,99*
F*EC	2,478ns	2,10ns	40,86*	74,489*	69,09*
F*AC	6,068*	4,70*	0,11ns	2,892ns	0,04ns
F*EC*AC	0,42ns	0,19ns	2,38ns	4,121*	5,25*
CV, %	18,54	39,58 (19,9) <sup>1</sup>	20,86	17,81	51,88 (8,13) <sup>2</sup>

(<sup>1</sup>)<sup>2</sup> variables transformada con  $\sqrt{x}$  y Ln por exceso de variación, respectivamente.

ALTP: altura de la planta (cm); NRP: número rebrotes principales; NRS: número de rebrotes secundarios; NHRS: número de hojas por rebrote secundario; KMSHA: kg materia seca/ha. \*significativo (P<0.05).

Sobre la ALTP y NRP influyó significativamente (P<0,05) la interacción fecha y altura de corte, y la edad de corte. NRS fue afectado significativamente (P<0,05) por la interacción fecha y edad de corte, y altura de corte. La interacción de los niveles de los tres factores considerados en el estudio fue significativo (P<0,05)

sobre NHRS y KMSHA en la *Moringa oleífera* Lam. De acuerdo a Padilla *et al.* (2017), la altura de corte unido a la frecuencia de corte va a incidir en la vida útil de las forrajeras, así como en la calidad y volumen de la biomasa producida.

Número de rebrotes secundarios y producción de materia seca fueron diferentes en el tiempo (fechas); las condiciones edáficas (Godino *et al.*, 2013), climáticas, cortes sucesivos (Padilla *et al.* 2017) y densidad de siembra (Foidl *et al.* 1999) definen este comportamiento; a mayor edad y altura de corte se obtuvo mayor número de rebrotes secundarios y por ende mayor producción de biomasa (Santiesteban *et al.* 2012; López *et al.* 2012).

### 3.2. Altura de la planta y número de rebrotes primarios

La Tabla 4 contiene promedios de ALTP y NRP en función de la edad de corte. Hubo diferencia significativa en las dos variables para edad de corte. La ALTP fue superior a los 90 días de corte. ALTP a los 90 días fue 39,6% superior que corte a 60 días. Este resultado coincide con lo reportado por Isah *et al.* (2014) y Santiesteban *et al.* (2012), quienes encontraron mayor producción de biomasa total para consumo animal a intervalos de cosecha más largos, y va en sintonía con lo señalado por Pérez *et al.* (2010), que cuando se emplean densidades bajas de siembra, como en este caso, es recomendable cosechar a alturas mayores para provocar tallos más gruesos.

**TABLA 4. ALTURA DE LA PLANTA Y NÚMERO DE REBROTES PRINCIPALES SEGÚN LA EDAD DE CORTE EN *MORINGA OLEÍFERA* LAM.**

Edad de corte	n	ALTP (cm)	NRP
60 días	108	1,64 ± 0,37 <sup>b</sup>	2,69 ± 1,25 <sup>a</sup>
90 días	108	2,29 ± 0,47 <sup>a</sup>	2,35 ± 0,95 <sup>b</sup>

Promedios con literal diferente en la misma columna son diferentes (P<0,05, Tukey).

El NRP fue superior (P<0,5) a los 60 días de corte (Tabla 4). Frecuencia de corte menor promovió mayor número de rebrotes primarios, posteriormente no aumentaron los rebrotes primarios, se favorece el crecimiento del tallo central y rebrotes primarios en longitud y aumento de los rebrotes secundarios. En este sentido

Isah *et al.* (2014) indicaron que cortar la planta a menor altura promovió mayor número de rebrotes y por consiguiente mayor producción de follaje.

Pérez *et al.* (2010) señalan que cuando se emplean altas densidades de siembra se crean competencias entre plantas por nutrientes, agua, luz y espacio vital, se favorece el crecimiento vertical en el desarrollo de la planta en los primeros estadios (Sosa-Rodríguez *et al.* 2017), modificando su comportamiento en la medida que la competencia por los recursos naturales disminuye y esto influye de diferentes maneras en el desarrollo y crecimiento de las plántulas, comportamiento que tiende a declinar con el tiempo (Rodríguez-Petit, 2008). A la densidad de siembra del presente trabajo y a la menor frecuencia de corte (60 días) y menor altura se obtuvo cantidad suficiente de rebrotes primarios.

### 3.2.1. Altura de la planta, interacción fecha y altura de corte

En la Tabla 5 se presenta promedio de ALTP en función de la interacción fecha y altura de corte. La altura de corte de uniformidad a 60 cm generó mayor ALTP ( $P < 0,05$ ) que el corte a 30 cm. Específicamente en las fechas 1 y 3 la diferencia fue mayor (Fig. 2). A medida que avanzó el tiempo (de agosto a enero) la ALTP disminuyó, motivado al cambio en la incidencia de lluvias y por efecto de cortes anteriores.

**TABLA 5. PROMEDIOS DE ALTURA DE LA PLANTA *MORINGA OLEÍFERA* LAM; SEGÚN INTERACCIÓN DE LA FECHA Y ALTURA DE CORTE.**

Fecha	Altura de corte (cm)	ALTP (m)	Desviación típica
1	30	1,97b	0,44
	60	2,43a	0,46
2	30	1,82bc	0,55
	60	1,87bc	0,56
3	30	1,75c	0,43
	60	1,97b	0,47

Promedios con literal distinto son diferentes ( $P < 0,05$ , Tukey).

López *et al.* (2012), al evaluar alturas de corte de 5, 10 y 20 cm encontraron la mayor altura (76 cm), en las plantas cortadas a 20 cm de altura. De igual forma, Santiesteban *et al.* (2012) analizaron la altura de corte (10, 20, 30 y 40 cm) y frecuencia de corte (45 y 60 días) en la producción de biomasa para consumo animal, informaron los mayores valores a la altura de corte de 40 cm y frecuencia de corte de 60 d, que coinciden con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Mayor altura de corte de uniformidad promueve mayores alturas en la planta y ésta tiende a disminuir, en los cortes sucesivos, en la época de mínima precipitación.

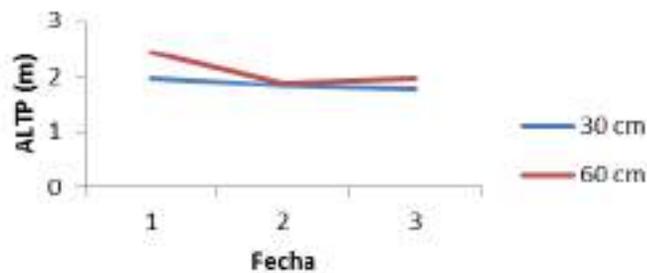


Fig 2. Interacción fecha x altura de corte sobre altura de la planta de *Moringa oleifera* Lam.

### 3.2.2. Número de rebrotes primarios, interacción fecha y altura de corte

La variable NRP tuvo valores superiores ( $P < 0,05$ ) a la altura de corte de 60 cm con respecto a 30 (Tabla 6 y Figura 3). Diferencia más grande en la fecha 1 y ninguna a la fecha 3. Se observa que NRP disminuye en la medida que avanza el tiempo y se retiran las lluvias para entrar al período seco. De acuerdo con Padilla *et al.* (2014) es recomendable cosechar a alturas mayores para provocar tallos más gruesos, con número mayor de rebrotes más vigorosos.

El NRP encontrados en esta evaluación fueron menores (2,52 vs 8) a la reportada por Padilla *et al.* (2014); sobre este particular la mayor altura de corte de uniformidad en este trabajo fue 30 cm vs 60 del presente trabajo; además, la densidad de siembra también incidió en este resultado (2 vs 20 plantas/m<sup>2</sup>). Estos autores reportaron mayor número de ramas primarias por planta en el segundo y tercer corte, lo cual resultó contrario al presente trabajo, con mayor número de rebrotes primarios

en la fechas 1 y 2 que en la fecha 3. Particularmente, en las fechas de mínima precipitación se obtuvo menos NRP.

**TABLA 6. NÚMERO DE REBROTOS PRIMARIOS EN *MORINGA OLEÍFERA* LAM; SEGÚN INTERACCIÓN DE LA FECHA Y ALTURA DE CORTE.**

Fecha	Altura de corte (cm)	NRP (n)	Desviación típica
1	30	2,22 <sup>c</sup>	0,81
	60	3,33 <sup>a</sup>	1,35
2	30	2,61 <sup>b</sup>	1,02
	60	2,94 <sup>ab</sup>	1,09
3	30	2,00 <sup>c</sup>	1,01
	60	2,00 <sup>c</sup>	0,68

Promedios con literal distinto son diferentes ( $P < 0,05$ , Tukey).

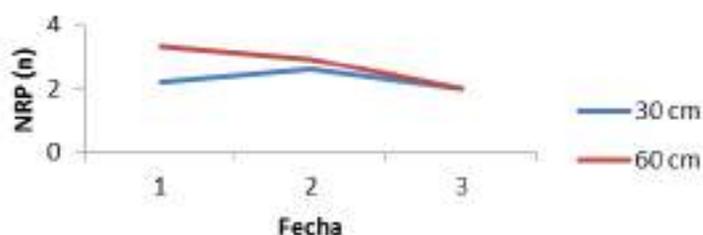


Fig 3. Número de rebrotes primarios (NRP) de *M. oleífera* Lam; según interacción fecha y altura de corte

### 3.3. Número de rebrotes secundarios

El NRS fue superior ( $P < 0,05$ ) a la altura de corte de 60 cm con respecto a 30 cm (Tabla 7). La relevancia de manejar este tipo de planta forrajera, en bancos proteicos, a alta densidad de siembra y corte a baja altura ( $< 60$  cm) es para procurar mayores rebrotes y producción de forraje. De esta manera, la altura de corte a los 60 cm promovió mayor número de rebrotes secundarios, resultado que coincide con la apreciación de Padilla *et al.* (2014), quienes informaron que a mayor altura de corte se favorece el número de ramas secundarias/planta.

Cuando se emplean altas densidades de población, existe tendencia a cosechar entre 10 y 30 cm de altura (Reyes 2004 y Pérez *et al.* 2010). No obstante, la experiencia práctica de técnicos y productores en Cuba indica que cuando se emplean

densidades bajas de siembra es recomendable cosechar a alturas mayores para provocar tallos más gruesos, con número mayor de rebrotes más vigorosos.

**TABLA 7. NÚMERO DE REBROTOS SECUNDARIOS SEGÚN LA ALTURA DE CORTE DE LA PLANTA *MORINGA OLEÍFERA* LAM.**

Altura de corte (cm)	Tamaño muestra (n)	NRS (n)	Desviación típica
30	108	13,48 <sup>b</sup>	5,69
60	108	14,86 <sup>a</sup>	5,29

a,b: Promedios diferentes (P<0,05, Tukey)

El NRS fue afectado (P<0,05) por la interacción fecha y edad de corte (Tabla 8, Fig. 4). NRS a los 90 días de corte y en la fecha 1 fue superior. La frecuencia de corte a los 90 días promovió mayor NRS que a 60 días. Cuando se analizó NRS en el tiempo, este indicador disminuyó por efecto de la época de sequía y los daños producidos por los cortes realizados. Para Padilla *et al.* (2014), el número de ramas secundarias fue mayor cuando se cortó a 20 y 30 cm de altura en el cuarto corte, contrario al presente trabajo. Reyes (2006) indicó que no existe coincidencia en las investigaciones realizadas, en cuanto a la repuesta de esta planta a la producción de biomasa, cuando se somete a diferentes frecuencias de corte.

**TABLA 8. NÚMERO DE REBROTOS SECUNDARIOS SEGÚN INTERACCIÓN DE LA FECHA Y EDAD DE CORTE EN *MORINGA OLEÍFERA* LAM.**

Fecha	Edad de corte (días)	NRS (n)	Desviación típica
<b>1</b>	<b>60</b>	14,72 <sup>b</sup>	1,97
	<b>90</b>	23,33 <sup>a</sup>	2,31
<b>2</b>	<b>60</b>	10,04 <sup>c</sup>	2,57
	<b>90</b>	16,80 <sup>b</sup>	2,67
<b>3</b>	<b>60</b>	9,39 <sup>c</sup>	2,79
	<b>90</b>	10,73 <sup>c</sup>	10,15

En este particular, la densidad de siembra (Foidl *et al.* 1999) cobra relevancia a la hora de conjugar calidad de suelo, época del año, riego y persistencia del cultivo. En suelos inceptisoles, como el caso que nos ocupa, es procedente la siembra a mayor distancia entre plantas e hileras para garantizar establecimiento de tallos más vigorosos y cortes a mayor número de días garantizan mayor cantidad de rebrotes y

producción de biomasa. De acuerdo a Godino *et al.* (2013), la mejor respuesta en desarrollo y productividad de la moringa se obtiene en suelos neutros o ligeramente alcalinos, bien drenados o arenosos y donde el nivel freático permanece prolongado.

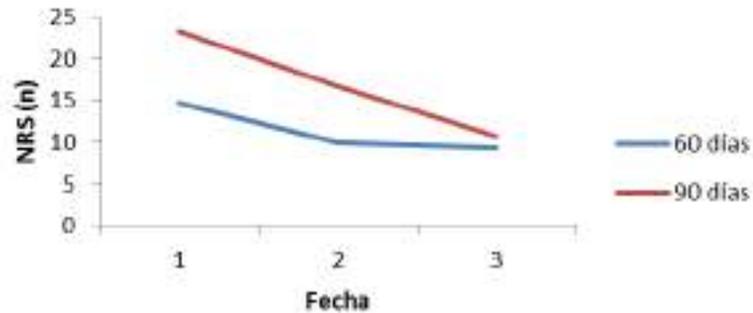


Fig. 4. Número de rebrotes secundarios de *M. oleifera* Lam; según interacción fecha y edad de corte

### 3.4. Número de hojas por rama secundaria

El NHRS tuvo un comportamiento irregular durante la evaluación (Tabla 9). Al inicio del ensayo, fecha 1, edad de corte 60 días y para las dos alturas de corte fue mayor ( $P < 0,05$ ) con respecto a las demás fechas. El número de hojas disminuyó al avanzar de la fecha 1 hasta la 3 (Fig. 5); esta última correspondió al mes de enero en el cual la precipitación fue mínima e incidió en el resultado, a pesar del riego estratégico aplicado al cultivo en los meses secos. NHRS en menor frecuencia de corte (60 días) presentó cambio más drástico que corte a 90 días, al pasar de 8 a 5 ( $< 37,5\%$ ) y 6,75 a 5,90 ( $< 12,6\%$ ) hojas de la fecha 1 a la 3, respectivamente; esto es indicativo de que de la frecuencia de corte a 90 días promovió uniforme producción de hojas en el período evaluado.

De acuerdo con Padilla *et al.* (2014), el número de hojas/planta fue mayor a la más alta altura de corte evaluada (20-30 cm) y en el tercer corte (fecha 3). En el segundo y cuarto corte, esta medida no se afectó por los tratamientos aplicados y los valores oscilaron entre 7,50 y 10,18 hojas/planta. En el presente trabajo la altura de corte no afectó NHRS pero la frecuencia y fecha de corte sí.

**TABLA 9. NÚMERO DE HOJAS POR RAMA SECUNDARIA DE *MORINGA OLEÍFERA* LAM; SEGÚN INTERACCIÓN DE FECHA, EDAD Y ALTURA DE CORTE**

Fecha de corte	Edad de corte (días)	Altura de corte (cm)	
		30	60
1	60	8,58 <sup>a</sup> ± 1,08	8,09 <sup>a</sup> ± 1,54
	90	6,61 <sup>b</sup> ± 0,25	6,89 <sup>b</sup> ± 0,58
2	60	5,03 <sup>d</sup> ± 0,82	5,03 <sup>d</sup> ± 0,67
	90	7,36 <sup>b</sup> ± 0,74	6,50 <sup>b</sup> ± 1,28
3	60	4,98 <sup>d</sup> ± 0,59	5,11 <sup>cd</sup> ± 0,45
	90	5,68 <sup>c</sup> ± 0,82	6,09 <sup>c</sup> ± 0,87

Promedios con literal distinto son estadísticamente diferentes (P<0,05)

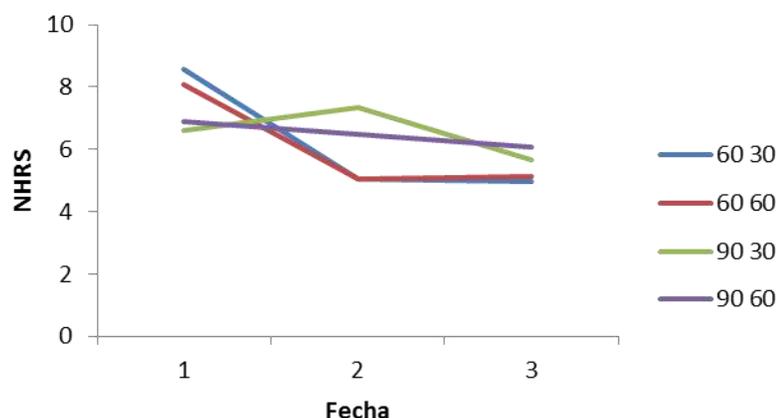


Fig. 5. Número de hojas por rama secundaria de *M. oleifera* Lam; para la interacción fecha, edad y altura de corte

### 3.5. Producción de forraje

En el Tabla 10 y Figura 6 se indica la producción forrajera (KMSHA) de *Moringa oleifera* Lam; para la interacción de fecha, edad y altura de corte. En la fecha 2, edad de corte 90 días y las dos alturas de corte, KMSHA fue superior (P<0,05) que las demás mediciones. A la edad de 90 días se promovió mayor producción de biomasa forrajera para las dos alturas de corte, con mayor diferencia en las fechas 1 y 2. Para la fecha 3 (época seca) disminuyó considerablemente la producción forrajera para 90 días y 30 y 60 cm de altura de corte. Padilla *et al.* (2014) informó que no hubo efecto de la altura ni fechas sobre el rendimiento de la moringa. Estos autores reportaron producción mayor (2550-3100 kg MS/ha) a la de este trabajo, debido a la diferente densidad de siembra. De acuerdo con Foidl *et al.* (1999),

los rendimientos de materia seca pueden variar desde 2,6 hasta 34,0 T/ha/corte para densidades de 95 mil y 16 millones de plantas/hectárea, además las pérdidas después de la poda suelen ser mínimas con una densidad de hasta un millón de plantas/hectárea.

López *et al.* (2012) reportaron mayor altura (76 cm), número de ramas secundarias (33) y peso de plantas (245 g) en corte a 20 cm de altura. Los rendimientos alcanzados en los diferentes cortes, que oscilaron entre 329 – 1840 kg MS/ha (Tabla 10), estuvieron por debajo de los valores encontrados por Padilla *et al.* (2014) y Garavito (2008). El menor número de plantas por unidad de superficie, época del año (lluvia o sequía), condiciones edáficas (inceptisoles) y fertilización con abono orgánico tipificaron los resultados obtenidos. No existe coincidencia en las investigaciones realizadas, en cuanto a la repuesta de esta planta a la producción de biomasa, cuando se somete a diferentes frecuencias de corte. De acuerdo a Sosa-Rodríguez *et al.* (2017), las densidades de siembra tienen una alta influencia en los rendimientos, para Padilla *et al.* (2017) en la época de lluvia hay mayor rendimiento forrajero, y Larwanou *et al.* (2014) plantearon que el régimen de riego se correlaciona más fuertemente con los indicadores de crecimiento y desarrollo de esta especie que la fertilización. Por su parte, González y Crespo (2016) señalan que la ausencia de fertilización y frecuencia de cosecha más cortos (45 a 60 días) incide en menor rendimiento de esta planta. Por tal motivo, resulta conveniente prolongar los periodos de cosecha, teniendo en cuenta que las plantas necesitan recuperarse del estrés inducido por el corte y reponer las reservas necesarias para el rebrote; pero sin comprometer drásticamente la calidad del forraje cosechado

Para las condiciones edafoclimáticas del presente ensayo, la mayor frecuencia de corte (90 días) y menor altura de corte (30 cm) garantizó mayor producción de biomasa forrajera del cultivo de moringa; lo cual, coincide con lo reportado por Gonzalez (2016), en la región Occidental de Cuba, en un suelo Ferrálico Rojo, al estudiar la curva de crecimiento de la variedad Supergenius encontró mejor comportamiento para la producción y calidad de la biomasa a los 90 días.

Para futuras evaluaciones hay que tomar las previsiones de la cantidad de riego en la época de sequía y la cantidad de fertilizante (químico/orgánico) que promuevan un mayor rendimiento.

**TABLA 10. PRODUCCIÓN DE FOLLAJE DE *MORINGA OLEÍFERA* LAM; (KG MS/HA) SEGÚN INTERACCIÓN DE FECHA, EDAD Y ALTURA DE CORTE**

Fecha de corte	Edad de corte (días)	Altura de corte (cm)	
		30	60
1	60	329,17 <sup>e</sup> ± 146,08	506,40 <sup>d</sup> ± 252,96
	90	1143,66 <sup>b</sup> ± 376,60	1238,69 <sup>b</sup> ± 311,95
2	60	332,49 <sup>e</sup> ± 121,81	609,14 <sup>d</sup> ± 184,69
	90	1840,23 <sup>a</sup> ± 633,72	1584,66 <sup>a</sup> ± 549,11
3	60	754,52 <sup>c</sup> ± 374,88	861,98 <sup>c</sup> ± 394,71
	90	631,00 <sup>cd</sup> ± 377,63	760,19 <sup>c</sup> ± 311,45

Promedios con literal distinto son estadísticamente diferentes (P<0,05)

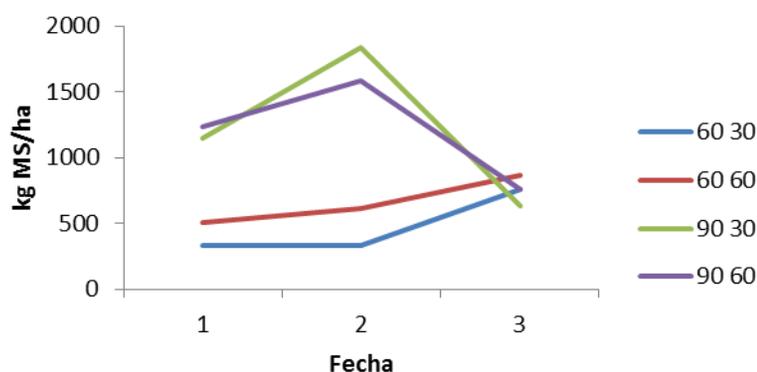


Fig. 6. Kg de MS/ha de *Moringa oleifera* Lam; para la interacción fecha, edad y altura de corte

### 3.6. Composición Química de la *Moringa oleifera* Lam.

En la Tabla 11 se indica la composición química de la *Moringa oleifera* Lam; a tres fechas y dos edades de corte. El promedio de PC fue 19,06 % y varió de 14,75 a 25,9 %. De esta manera, Rodríguez (2011) determinó que el follaje de *Moringa oleifera* Lam; tiene alta concentración de proteína y baja de FDN en comparación con el pasto de corte (*P. purpureum*), y similar que el contenido de PC del alimento comercial utilizado para suplementar vacas lecheras. El contenido de proteína cruda, cataloga a

esta planta como un recurso potencial para la alimentación animal. Foidl *et al.* (1999) encontraron valores similares a los de este experimento, en cuanto al contenido de PB, FAD y FND de esta planta, cuando se cosechó a 45 d de edad; y García *et al.* (2008) reportó contenido de proteína cruda superior a 20% en hojas y tallos de moringa, tanto jóvenes como desarrollados.

En las tres fechas de corte el contenido de PC fue superior a los 60 días. De igual manera, a menor edad de corte se tiene menor contenido de FND y FAD. Esto coincide con lo señalado por Sánchez *et al.* (2007), que el incremento de la edad de corte aumenta los niveles de fibra neutro y ácido detergente. Según Casamilga (1997) el valor de FND en un pasto de excelente calidad debe ser menor de 41%, tal situación favorece el consumo de MS de la moringa, debido a su menor contenido de componentes de la pared celular. El contenido de FDN y el consumo por parte del animal son inversamente proporcionales, mientras que el contenido de FDA y lignina se correlacionan con la fracción no digestible del material, lo que provoca un efecto de llenado (Castillo *et al.* 2009). Trabajos realizados por Castillo *et al.* (2013) en Yucatán, México, encontraron poca influencia de la altura de corte en la composición química de las hojas y tallos de moringa.

**TABLA 11. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MORINGA OLEÍFERA LAM; A TRES FECHAS Y DOS EDADES DE CORTE.**

Fecha	Edad de corte (días)	PC	FND	FAD
			%	
1	60	25,9	30,66	24,14
	90	17,1	33,36	29,10
2	60	21,5	26,18	20,28
	90	16,78	36,15	30,78
3	60	18,31	35,11	28,00
	90	14,75	30,57	27,42
<b>Promedio</b>		<b>19,06</b>	<b>32,01</b>	<b>26,62</b>

## CONCLUSIONES

La producción de biomasa de *Moringa oleífera* Lam; fue mayor cuando se cortó a 90 días para ambas alturas de corte.

La menor frecuencia de corte y mayor altura de corte promueve mayor número de rebrotes primarios. En las fechas de mínima precipitación se obtuvo menor número de rebrotes primarios; mientras que el número de rebrotes secundarios fue superior con la mayor altura y frecuencia de corte.

A menor edad de corte fue mayor el contenido de proteína cruda y menor la fibra ácido y neutro detergente.

El corte del cultivo en época de menor precipitación generó disminución en las variables indicadoras de producción de forraje, lo cual sugiere la necesidad de aplicación y evaluación de riego.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 1995. Official methods of analysis. Association of Oficial Analytical Chemist. (5ed). (P A Cunnif, ed.) AOAC International Arlington. 2000 p.
- Casamilga, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. XIII Curso de Especialización FEDNA. Madrid. 16 p.
- Castillo, A., Castillo, C., Ramírez, J. Ávila, L. y Cantos, R. 2013. Efecto de la densidad y frecuencia de la poda en el rendimiento y calidad de la *Moringa oleífera* Lam. XIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) p. 87
- Castillo M., Rojas-Bourrillón, A.y WingChing-Jones, R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*vigna radiata*). Agronomía Costarricense 33(1): 133-146.
- Croess, R. y Villalobos, N. 2008. Caracterización en cuanto a edad y altura de corte del moringo (*Moringa oleífera* Lam.) como uso potencial en la alimentación animal. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. Trabajo especial de grado para optar al Título de Técnico Superior Universitario en Ciencias Agropecuarias. Mención Agropecuaria. Maracaibo. [Documento en línea]. En: [http://www.moringa.es/pageID\\_7271377.html](http://www.moringa.es/pageID_7271377.html). [Consulta: Febrero 15, 2017].
- Flores, B. y Jaime, F. 2004. Producción de biomasa de *Moringa oleífera* Lam; sometida a diferentes densidades de siembra y frecuencia de corte, en el trópico seco de Managua, Nicaragua. Tesis de grado, Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria (UNA). 51p. [Documento en línea]. En: [www.repositorio.una.edu.ni/1320/1/tnf01f634p.pdf](http://www.repositorio.una.edu.ni/1320/1/tnf01f634p.pdf). [Consulta: Agosto 24, 2017].
- Foidl, N., Mayorga, L. y Vásquez, W. 1999.Utilización del marango (*Moringa oleífera* Lam;) como forraje fresco para ganado. Proyecto Biomasa. Managua Nicaragua. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". [Documento en Línea]. En: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Foidl16.htm> [Consulta: Febrero 15, 2017].
- Garavito, U. 2008. *Moringa oleífera* Lam; alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. [Documento en línea]. En: [http://www.engormix.com/moringa\\_oleifera\\_alimento\\_ecologico\\_s\\_articulos\\_1891\\_A\\_GR.htm](http://www.engormix.com/moringa_oleifera_alimento_ecologico_s_articulos_1891_A_GR.htm). [Consulta: Abril 22, 2017].
- García, M. 2003. Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizados en sistemas silvopastoriles. INAFOR. 37 p. [Documento en línea]. En:

- <http://www.inafor.gob.ni/index.php/publicaciones>. [Consulta: Febrero 20, 2017].
- García, D., Medina M., Clavero T., Cova L., Domínguez C. y Baldizán A. 2008. Caracterización nutritiva del follaje de seis especies forrajeras con énfasis en sus perfiles polifenólicos. Rev. Cient. (Maracaibo), Maracaibo, v. 18, n. 2. [Documento en línea]. En: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592008000200011&lng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000200011&lng=es). [Consulta: Agosto 20, 2017].
- Godino, M., Vazquez, T., Izquierdo, M. y Pérez, C. 2013. Estudio de la incidencia de los factores ecológicos abióticos en la germinación y desarrollo de la *Moringa oleífera* Lam. En: Sociedad Española de Ciencia Forestal, editor, Sexto Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencia Forestal, ESP.
- González, C. 2016. Estudio de la curva de crecimiento y efecto de la fertilización órgano-mineral en el rendimiento de Moringa (*Moringa oleífera* Lam.) en un suelo Ferralítico rojo lixiviado eutrítico. Tesis en opción al título de Master en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba.
- González, C. y Crespo, G. 2016. Respuesta de *Moringa oleífera* Lam a estrategias de fertilización en suelo Ferralítico rojo lixiviado. Pastos y Forrajes, Vol. 39, No. 3, julio-septiembre, 106-110.
- Holdridge, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. IICA, San José. Pp. 13-14.
- Isah, A., Bello, A. and Zarumaye, S. 2014. Effects of cutting heights and interval of cutting on the yield of *Moringa oleífera* Lam. (horse raddish). International Journal of Development and Sustainability, Vol. 3 No. 5, pp 1147-1151.
- Larwanou, M., Adamou, M. and Abasse, T. 2014. Effects of fertilization and watering regimes on early growth and leaf biomass production for two food tree species in the Sahel: *Moringa oleífera* Lam. and *Adansonia digitata* L. J. Agric. Sci. Appl. 3 (4):187-201.
- Lascano, C. 1996. Oportunidades y retos en la utilización de leguminosas arbustivas como forraje suplementario en sistemas de doble propósito. In Clavero T., ed. Leguminosas Forrajeras Arbóreas en la Agricultura Tropical. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. Pp. 29-40.
- Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. Contributions to Probability and Statistics. Stanford Univesity Press.
- López, M., Batista, A , Igarza, J y Plutín, E. 2012. Evaluación agronómica de la *Moringa oleífera*. I Taller Nacional de Moringa Ed. CID, Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba. Memorias en CD.

- Lugo-Soto, M., Vibert E., Betancourt M., González I. y Orozco A. 2009. Efecto de la altura y edad de corte en la producción de materia seca y proteína bruta de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze bajo condiciones del piedemonte barinés, *Zootecnia Trop.*, 27(4): 457-464.
- Medina, M., García, D. Clavero, T. e Iglesias, J. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleífera* Lam. y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical* 25(2):83-93.
- Mendieta-Araica, B., Spörndly, E., Reyes-Sánchez N., Norell, L. and Spörndly, R., 2009. Silage quality when *Moringa oleífera* Lam. is ensiled in mixtures with Elephant grass, sugar cane and molasses. *Grass and Forage Science*, 64:364–373.
- Padilla C, Valenciaga N, Crespo G, González D y Rodríguez I 2017. Requerimientos agronómicos de *Moringa oleífera* Lam. en sistemas ganaderos. *Livestock Research for Rural Development* 29 (11), Article #218. [Documento en Línea]. En: <http://www.lrrd.org/lrrd29/11/idal29218.html> [Consulta: Enero 20, 2018].
- Padilla, C., Fraga, N., Scull, I. Tuero, R. y Sarduy, L. 2014. Efecto de la altura de corte en indicadores de la producción de forraje de *Moringa oleífera* Lam. vc. Plain. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Vol. 48, Número 4, 2014. Pp.405-409.
- Perdomo, P. 1991. Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes. Tesis de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Fac. de Ciencias Agrop. Palmira, Colombia. 128 pp.
- Pérez, A., Sánchez, N., Amerangal, N. y Reyes, F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleífera* Lam, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 33(4):1-16.
- Pezo, D. 1991. Producción Ganadera en un Contexto Agroforestal. *El Chasqui*. 25:1-2.
- Price, M. 2000. The Moringa tree. Educational Concerns for Hunger Organization (ECHO). Technical Note. 1985 (revised 2000). [Documento en Línea]. En: <http://www.echotech.org/technical/technotes/moringabiomasa.pdf>. [Consulta: Enero 12, 2017].
- Reyes, N., Ledin, S. y Ledin, I. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleífera* under different management regimes in Nicaragua. *Agroforestry Systems*. 66:231-242.
- Reyes, N. 2004. Marango: cultivo y utilización en la alimentación animal. Guía técnica N° 5. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua, Managua.
- Reyes, N. 2006. *Moringa oleífera* and *Cratylia argentea*: potential fodder species for ruminants in Nicaragua. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

- Department of Animal Nutrition and Management Uppsala. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala. [Documento En línea]. En: <http://www.moringanews.org/documents/Reyesthesis.pdf>. [Consulta: Abril 20, 2017].
- Rocha, L. 2011. Valoración de las Propiedades Nutricionales de *Moringa oleífera* Lam; en el Departamento de Bolívar, Universidad del Valle, Chile. [Documento en Línea]. En: [http://revistaciencias.univalle.edu.co/volumenes/vol\\_15/JdelToro.pdf](http://revistaciencias.univalle.edu.co/volumenes/vol_15/JdelToro.pdf) [Consulta: Marzo 06, 2016].
- Rocha, M. y Mendieta, B. 1998. Efectos de la suplementación con follaje de *Moringa oleífera* sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. Tesis. Ing. Agron. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 36p
- Rodríguez, A. 2011. Alimentación de vacas lecheras con *Moringa oleífera* Lam; 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). Pág 45. [Documento en línea]. En: <http://repositorio.una.edu.ni/2143/1/tnl02r696.pdf>. [Consulta: Abril, 2017].
- Rodríguez-Petit, A. 2008. Comportamiento ecofisiológico de *Brachiaria decumbens* en monocultivo y en asociación con *Leucaena leucocephala*. Rev. Pastos y Forrajes 31:217-227.
- Sánchez, A., González, J. y Faria M. J. 2007. Evolución comparada de la composición química con la edad al corte en las especies *Leucaena leucocephala* y *L. trichodes*. Zootecnia Tropical. 25(3): 233-236.
- Santiesteban, R., Tamayo, E., Verdecia, P., Estrada, J., Diéguez, J., Molinet, D., Espinosa, S., Espinosa, A. y Cordovi, C. 2012. Influencia de la altura y la frecuencia de corte en el rendimiento de *Moringa oleífera* Lam. I Taller Nacional de Moringa. Instituto de Ciencia Animal, Cuba, CD-ROM.
- Shapiro, S. y Wilk, B. 1965. An analysis of variance test for normolita (complete simples). Biometrica 52: 591
- Sosa-Rodríguez, A., Ledea-Rodríguez, J., Estrada-Prado, W. y Molinet-Salas, D. 2017. Efecto de la distancia de siembra en variables morfoagronómicas de moringa (*Moringa oleífera*). Agron. Mesoam. 28(1):207-211.
- Tapia, J. 2012. Diseño Estadístico de Experimentos. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora. Colección Docencia Universitaria. Fondo Editorial UNELLEZ, Barinas. 435 p.
- Toral, O. 2005. La utilización del germoplasma arbóreo forrajero. En Simón L. (Ed) El Silvopastoreo: Un Nuevo Concepto de Pastizales. Est. Exp. Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, Matanzas, Cuba. pp. 34-47.

Van Soest, P., Robertson, J. y Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.

## **ANEXOS**