

The logo of the Universidad Nacional Agraria (UNA) is located on the left side of the page. It features a circular emblem with a shield in the center. The shield is divided into four quadrants: the top-left shows a sun over a field, the top-right shows a cow, the bottom-left shows a building, and the bottom-right shows a tree. The shield is surrounded by a wreath of leaves. Above the shield, the letters 'UNA' are written. Below the shield, the text 'UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA' is written. The entire emblem is enclosed in a circular border with the motto 'Por un Desarrollo Agrario Integral y Sostenible' written around it. The logo is partially overlaid by a decorative graphic of three curved, parallel lines in yellow, green, and brown.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Efecto de diferentes densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de *Moringa oleífera*, Managua, Nicaragua.

AUTORES:

Br. David Arauz Calero.
Bra. Zoila Junieth Romero Pérez.

ASESOR:

Ing. Bryan G. Mendieta Araica MSc.

Managua, Nicaragua

Julio, 2009

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la Facultad de Ciencia Animal (FACA), como requisito parcial para optar al título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

MIEMBROS DEL TRIBUNAL:

Dr. Nadir Reyes Sánchez

Presidente

Ing. Carlos Ruiz Fonseca MSc

Secretario

Ing. Matus López Miguel MSc

Vocal

Managua, Nicaragua, Julio 2009.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE FOTO.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACTA.....	ix
I.INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 General.....	4
2.2 Específicos	4
III. MATERIALES Y METODOS.	5
3.1 Ubicación.	5
3.2 Condiciones edafo-climáticas.	5
3.3 Descripción del ensayo.	6
3.4. Manejo agronómico.	6
3.4.1 Preparación de suelo y siembra.....	6
3.4.2. Control de plagas	8
3.5 Corte de uniformidad	8
3.6 Descripción de los tratamientos y diseño experimental	8
3.7 Modelo Aditivo Lineal (MAL).....	11
3.8 Descripción de las variables.	12
3.8.1 Rendimiento de Materia Fresca Total (RMFT).	12
3.8.2 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (RMFFF).	12
3.8.3 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (RMFFG).	13
3.8.4 Rendimiento de Materia Seca Total (RMST)	13
3.8.5 Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (RMSFF)	14

3.8.6 Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (RMSFG).....	14
3.8.7 Altura promedio de las de las plantas.	14
3.8.8 Mortalidad de Plantas.	15
3.8.9 Tasa de Crecimiento (TC).....	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1 Rendimiento de materia fresca total (ton/ha/año) RMFT.	16
4.2 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (ton/ha/año) RMFFF.	19
4.3 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (ton/ha/año) RMFFG.	21
4.4 Rendimiento de Materia Seca total (ton/ha/año) RMST.	24
4.5 Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (ton/ha/año) RMSFF.	27
4.6 Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (ton/ha/año) RMSFG.	28
4.7 Altura Promedio de las Plantas.	30
4.8 Mortalidad.	32
4.9 Tasa de Crecimiento (TC).....	32
V. CONCLUSIONES	35
VI. BIBLIOGRAFIA	36
VII. ANEXO	38

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas, por permitirme vivir, ser guía en mi camino y darme sabiduría para poder concluir con éxito mi carrera y así poder ser alguien útil para la sociedad.

Con mucho orgullo a mis padres: Juan Alberto Aràuz Zeledòn y Yolanda Calero Poveda, quienes con empeño y abnegación me brindaron su apoyo tanto moral como económico para poder concluir mi preparación como profesional.

A mi hermana Brenda Iveth Aràuz Calero que estuvo apoyándome en todo momento de mi formación profesional.

Con amor a Marbelly Elizabeth Pàiz Ramírez la cual vino a llenar un espacio importante en mi vida y darme ánimos en los momentos más duros de mi carrera.

David Arauz Calero.

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por ser fuerza creadora e iluminar mi camino, siendo luz principal en mi vida, quien con sus propósitos me ha llevado a culminar mi carrera, siendo de hoy en adelante pilar principal en el que se sostendrán mis mayores sueños. De igual manera a María Santísima que siempre me ha protegido a lo largo de mi vida

Con orgullo y cariño a mis padres quienes me han dado su apoyo incondicional, tanto moral como económico y han sido base elemental en mi formación profesional, dejándome de esta manera la principal arma con la que podre recorrer caminos y vencer obstáculos a lo largo de la vida.

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

La responsabilidad, la humildad y la honradez hacen la grandeza del hombre.

Zoila Junieth Romero Pérez

AGRADECIMIENTOS

A Dios padre por permitirnos terminar este trabajo y por haber puesto en nuestro camino las personas y amigos que nos colaboraron.

A nuestros padres, demás familiares y amigos, por apoyarnos en la realización de este trabajo.

A nuestro tutor Ing. Bryan Mendieta Araica MSc, en especial, por darnos la oportunidad de haber colaborado en sus estudios, por el apoyo y confianza que depositó en nosotros.

Muy especialmente al Dr. Nadir Reyes, que en todo momento estuvo dispuesto para que el trabajo marchara de la mejor manera, por su tiempo brindado y apoyo incondicional.

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

A nuestros compañeros de estudios, Víctor Acevedo, Jaime Aguilar, Yaser Garcia, Janin Hernández, Iván Oliva, Martha Rocha, Elio Zeledón, Elieser por la mano amiga que siempre nos brindaron, sin olvidar a todos los que nos colaboraron en nuestro ensayo y que no podemos mencionar.

A la Universidad Nacional Agraria nuestra alma mater por darnos la oportunidad de formarnos en ella, en especial a la Facultad de Ciencia Animal, que siempre se esfuerza por elevar en nosotros el espíritu de superación para alcanzar la excelencia académica. Finalmente a sus catedráticos, que no han sido simple profesores sino guías y amigos.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
Tabla 1. Análisis Químico del Suelo.	6
Tabla 2. Análisis Físico del Suelo.	6
Tabla 3. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Total (Ton/ha/año).	38
Tabla 4. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (Ton/ha/año).	38
Tabla 5. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (Ton/ha/año).	39
Tabla 6. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Seca Total (Ton/ha/año).	39
Tabla 7. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (Ton/ha/año).	40
Tabla 8. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Seca Fracción Gruesa (Ton/ha/año).	40
Tabla 9. Análisis de Varianza para Altura (m).	41
Tabla 10. Análisis de Varianza para Tasa de Crecimiento (kg MS/ha/día)...	41

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Distribución espacial de las densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en el área experimental.	10
Figura 2. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	17
Figura 3. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	18
Figura 4. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	20
Figura 5. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	21
Figura 6. Efecto de diferentes niveles de Fertilización Nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	22
Figura 7. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	23
Figura 8. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Total (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	24
Figura 9. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Total (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	26
Figura 10. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	27
Figura 11. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	28
Figura 12. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	29
Figura 13. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (ton/ha/año) de <i>Moringa oleifera</i>	28

Figura 14. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la altura promedio de las plantas (mt) de <i>Moringa Oleifera</i>	23
Figura 15 Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la Tasa de Crecimiento (kg Ms/ha/día) de <i>Moringa oleífera</i>	30
Figura 16. Efecto de la densidad de siembra sobre Figura la Tasa de Crecimiento (kg Ms/ha/día) de <i>Moringa oleífera</i>	34

ÍNDICE DE FOTO

FOTO	PÁGINA
Foto 1. Siembra de las semillas de Marango.	7
Foto 2. Control manual de malezas de cultivo de Marango a los 30 días de establecido. 8	
Foto 3 y 4. Corte de uniformidad a 40cm del suelo.....	8
Foto 5. Materia Fresca Fracción Fina de <i>M. oleífera</i>	12
Foto 6. Material fresco Fracción Gruesa de <i>M.oleífera</i>	13
Foto 7. Medición de altura de plantas de <i>M. olífera</i>	15

Aráuz, D; Romero Z. 2009. Efecto de diferentes densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de *Moringa oleifera*, Managua, Nicaragua. Tesis Ingeniero Zootecnista. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria.

Palabras claves: Moringa, rendimiento de forraje, fertilización.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos densidades de siembra y cuatro niveles nitrogenados sobre la producción de *Moringa oleifera*. El ensayo se llevo a cabo en la hacienda "Las Mercedes", localizada geográficamente a 86° 16' 50" longitud oeste 12° 9' 2.66" longitud norte, Municipio de Managua, de junio 2007 a Octubre 2008. El diseño experimental usado fue un factorial con dos densidades de siembra (100 000 plantas/ha y 166 666 plantas/ha) como factor principal y por 4 niveles de fertilización; (0 kg N/ha/año, 446 kg N/ha/año, 906.2 kg N/ha/año, 1334 kg N/ha/año); como factor secundario, en un arreglo de parcela dividida usando las Densidades como parcela principal y los niveles de fertilización como sub-parcela. Las variables de estudio fueron: Rendimiento de materia fresca total (RMFT), rendimiento de materia fresca fracción fina (RMFFF), rendimiento de materia fresca fracción gruesa (RMFFG), Rendimiento de materia seca total (RMST), Rendimiento de materia seca fracción fina (RMSFF), Rendimiento de materia seca fracción gruesa (RMFFG), , Altura promedio de plantas, mortalidad de plantas y Tasa de Crecimiento (TC). Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) y comparaciones con la Prueba de Tukey utilizando MINITAB, versión 13.0. los resultados en el ANDEVA mostraron que las densidades de siembra no presentaron efecto significativo ($P < 0.05$) sobre las variables evaluadas, no así la fertilización que si presentaron efecto significativo ($P < 0.05$) para todas las variables evaluadas, el nivel de fertilización nitrogenada III presentó los mejores resultados para las variables RMFT(186.35 Ton/ha/año), RMFFF(138.52 Ton/ha/año), RMFFG(47.82 Ton/ha/año), RMST(26.43 Ton/ha/año), RMSFF(19.23 Ton/ha/año) y RMSFG(7.23 Ton/ha/año), Altura de las plantas (1.39 m) y TC(73.42 kgMS/ha/dia).

ABSTRACT

This experiment had as main objective to evaluate the effect of two plant densities and four nitrogen fertilization levels on yield of *Moringa oleifera*. This work was taken out on "Las Mercedes" farm geographically located at 86° 16' 50" WL and 12° 9' 2.66" NL, Managua from June 2007 to October 2008. The experimental design used was a factorial with two plant densities (100,000 plants/ha and 166,666 plants/ha) as main factor and four fertilization levels (0 Kg N/ha/year, 446 kg N/ha/year, 906.2 kg N/ha/year, 1334 kg N/ha/year) as secondary factor with an arrangement of split plot using densities as main plot and fertilization level as sub-plot. The variables were Total Fresh Matter yield (TFMY), Total fresh matter fine fraction yield (TFMFFY), Total fresh matter coarse fraction yield (TFMCFY), Dry Matter yield (DMY), Dry matter fine fraction yield (DMFFY), Dry matter coarse fraction yield (DMCFY), Average plant height (APH), Plant mortality (PM) and Growing rate (GR). An Anova was performed and Tukey test was done using MINITAB version 13.0, analysis didn't show any significant difference ($P < 0.05$) for density, however, Nitrogen fertilization level III shows the best results for all variables on study.

I.INTRODUCCIÓN

Una de las principales actividades económicas en Nicaragua es la ganadería la cual ha persistido y persiste en el tiempo, dentro de esta se encuentran dos actividades: producción de leche y de carne tanto para consumo interno, como para exportación; para el mejor desarrollo de esta actividad se requiere de nuevas formas tecnológicas de producción las cuales estén en correspondencia con un enfoque agroecológico, amigable con el ambiente y por consiguiente de bajos costos y fácil adopción.

El potencial de producción ganadera de Nicaragua está determinado principalmente por las características del clima, suelos y vegetación de los ecosistemas; uno de los principales elementos para dicha producción es el relacionado a la alimentación animal donde los pastos son el recurso tradicional disponible más barato para la población de los rumiantes.

Según Reyes *et al.*, (2008), durante la época seca, el ganado bovino experimenta una reducción drástica en sus niveles productivos (carne y leche), lo cual es causado principalmente por la marcada estacionalidad de la producción de pastos y forrajes (tanto en cantidad como en calidad), esto se expresa en una época de sobreproducción, que coincide con la época de lluvia, durante las cuales se produce mas forraje del que los animales pueden consumir, y por una época de escasez en cantidad y calidad de forraje durante la época seca, aunado esto al hecho de que hay una gran cantidad de área cubierta de pastos naturales, los que se caracterizan por su pobre rendimiento y calidad.

Algunos efectos de la escasez de forraje de calidad han sido enumerados por Zamora, *et al* (2001) y quien menciona: disminución del peso y reducción en la producción de leche, así como pérdida de peso, reducción del período de lactancia, ausencia de celo y disminución en la tasa de preñez y aumento de la mortalidad, entre otros. Menciona asimismo que para superar la escasez de pastos durante la época seca, algunos productores suplementan sus animales con follajes y frutos de especies leñosas. Aunque estas técnicas tienen mucho potencial, existe muy poca información sobre las especies que los proveen.

Dada que la producción a base de pastos (gramíneas) ha demostrado estar limitada en la satisfacción de los requerimientos animales y no permite la obtención de satisfactorios niveles de producción de leche y ganancia de peso, se ha hecho necesaria la búsqueda de nuevas alternativas de alimentación, tal como se planteó inicialmente. En este sentido, los sistemas silvo-pastoriles están demostrando ser una alternativa viable, amigable con el ambiente, permitiendo un esquema de manejo racional integral, que tiende a mejorar a mediano o largo plazo, la productividad, la sustentabilidad y la rentabilidad de la explotación.

La identificación y caracterización de forrajeras arbustivas ha mejorado mucho las posibilidades de nutrición animal, aportando biomasa de calidad en los momentos de mayor necesidad; entre las especies utilizadas están: Marango (*Moringa oleifera*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*), Madero Negro (*Glyricidia sepium*), Cratylia (*Cratylia argentea*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Gandul (*Cajanus cajan*), entre otras.

En los últimos años el Marango se ha destacado dentro de un grupo de árboles no leguminosas, como una planta promisoría para los sistemas de corte y acarreo, de pastoreo/ramoneo, así como es la formación de barreras rompe vientos y cercas vivas (Folk-Ard y Sutherland, 1996). Entre sus características agronómicas se encuentran su rápido crecimiento en el establecimiento alcanzando según Moroto *et al.* (2000) hasta 2m a los 8 meses de establecido, el mismo autor describe una elevada resistencia a la sequía, favorable respuesta en suelos ácidos y alcalinos, elevada producción de biomasa (300g MS/planta/corte) además de un excelente valor nutritivo (PB: 17%; DIVMS: 85%) y palatabilidad.

Sin embargo, en estudios previos que evalúan más de un año de cultivo sin riego ni fertilización (Reyes, 2004; Foidl *et al.*, 1999), se pudo apreciar una sensible disminución en los rendimientos de biomasa, tanto de una estación a otra, como de un año a otro, obteniendo en el primer año una producción de 24.7 ton/ha/año disminuyendo en un 57.8% para el siguiente año, estando esto lógicamente relacionado con la extracción de nutrientes que la planta hace del suelo.

Las densidades de siembra influyen en los rendimientos de material vegetativo, estudios realizados en Nicaragua (Foidl *et al.*, 1999), han demostrado que las altas densidades crean una alta competencia entre las plantas, vía fototropismo, incidiendo esto en pérdidas de plántulas de hasta 20 a 30% por corte, lo cual directamente produce altas pérdidas de material productivo por área. Adicionalmente los diámetros de los tallos y rebrotes son delgados, incidiendo negativamente en la producción de material. Sin embargo, aun con los problemas que las altas densidades provocan en las plantas de manera individual, se obtienen altas cantidades de masa fresca por unidad de superficie debido precisamente a la gran cantidad de plantas en la misma.

Según Reyes (2004), en evaluación de tres diferentes densidades de siembra (250,000; 500,000 y 750,000 plantas/ha) la densidad de 750,000 plantas/ha obtuvo los mayores resultados por unidad de superficie en el primer año, sin embargo, en un sistema donde no se restituyeron los nutrientes extraídos del suelo por la vía de la fertilización los rendimientos no lograron mantenerse en el tiempo, razón por la cual en un segundo año de evaluación los mejores resultados en rendimiento y composición química se obtuvieron en la densidad de 500,000 plantas/ha.

Es importante mencionar que la fertilización tiene como finalidad incrementar los rendimientos y mejorar las condiciones nutritivas de las plantas, al aumentar las reservas de nutrientes ya existentes en el suelo. Siendo que el Marango puede generar altas cantidades de biomasa hay que mantener en mente que una alta productividad implica una alta extracción de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, etc.) del suelo y con el fin de mantener producción estables en el tiempo se hace necesario un programa de fertilización.

Visto lo anterior y dado los pocos trabajos hechos en el mundo en este sentido en Marango, este trabajo de investigación pretende evaluar el efecto que la fertilización nitrogenada tiene sobre el rendimiento de biomasa, además, de la densidad como una forma de controlar el nivel de extracción de nutrientes del suelo, todo esto como una contribución a la búsqueda del sistema más eficiente en el uso de dicho árbol forrajero.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Conocer el efecto de la fertilización y densidades de siembra en el comportamiento productivo de *Moringa oleífera*.

2.2 Específicos

Evaluar el efecto de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de biomasa total, fracción fina y fracción gruesa y cantidad de materia seca total, fracción fina y fracción gruesa de *Moringa oleífera*.

Evaluar las densidades de siembra sobre rendimiento de biomasa total, fracción fina y fracción gruesa y cantidad de materia seca total, fracción fina y fracción gruesa de *Moringa oleífera*.

Relacionar la mortalidad de plantas en el periodo de evaluación relacionada con nivel de fertilización nitrogenada y densidad de siembra.

Relacionar altura de plantas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada y densidad de siembra.

Determinar el efecto de diferentes niveles nitrogenados y densidades de siembra sobre la tasa de crecimiento de *M. oleífera*.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación

La fase experimental de campo de esta investigación se realizó durante el periodo de junio del 2007 a octubre del 2008 en la Hacienda Las Mercedes propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en el kilómetro 11 Carretera Norte con coordenadas 86° 16´ 50" longitud oeste 12° 9´ 2.66" longitud norte y a una elevación de 51 msnm (INETER 2008).

3.2 Condiciones edafo-climáticas

Las condiciones climáticas del área experimental corresponden a una zona de vida ecológica de bosque tropical seco, y el régimen pluviométrico 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. Durante la realización del presente trabajo investigativo la precipitación media anual fue de 1395 mm, la temperatura media anual de 28°C, con una humedad relativa de 75% (INETER 2008).

Antes de la siembra se tomaron muestra del suelo para realizar análisis físico y químicos en el Laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria. Los suelos de esta área son moderadamente profundos bien drenados, donde se adapta la mayoría de los cultivos anuales, sobre todo gramíneas y leguminosas. Estos suelos presentan relieve ligeramente ondulados con pendientes de 0.0 a 1.5%, con bajo contenido de materia orgánica y de nitrógeno (2.4% y 0.12% respectivamente), 10.3 ppm de fósforo, 3.69 meq/100gr de suelo de potasio (Tabla 1), y un pH ligeramente ácido de 6.87 (LABSA, Universidad Nacional Agraria, 2007).

Los suelos tienen una textura franco arcilloso con un 31% de arcilla, 34% de limo y 35% de arena, son suelos apropiados para la agricultura (Tabla 2).

Tabla 1. Análisis Químico del Suelo.

Profundidad (cm)	pH	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (meq/100 g)
	6.87	2.4	0.12	10.3	3.69

Tabla 2. Análisis Físico del Suelo.

% de Arcilla	% de Limo	% de Arena	Clase textural
31	34	35	Franco Arcilloso

(LABSA, Universidad Nacional Agraria, 2007)

3.3 Descripción del ensayo

El área establecida fue seleccionada después de realizar una visita evaluativa de las condiciones del terreno (área disponible, facilidad de acceso, dirección de la pendiente), una vez seleccionada el área se procedió al establecimiento de cuatro bloques perpendiculares a la pendiente y se midieron 2 parcelas grandes dentro de cada bloque y 4 parcelas pequeñas dentro de cada parcela grande.

El área total del ensayo fue de 1290m², cada parcela pequeña tiene un área experimental de 20m², al eliminar el efecto borde de la parcela se obtenía un área útil 12m². Al finalizar la distribución del área se obtuvo como resultado un total de 32 subparcelas las cuales estaban debidamente identificadas (por bloque, densidad y nivel de fertilización nitrogenada) con rótulos metálicos, con una distancia entre parcelas de 1m, distancia entre bloques de 2m y una ronda de 2m alrededor para facilitar el manejo del ensayo y las labores agronómicas.

3.4. Manejo agronómico

3.4.1 Preparación de suelo y siembra

La preparación del suelo fue hecha por laboreo convencional (cuyo objetivo principal fue asegurar una buena germinación y un buen crecimiento y desarrollo de las plantas), procediendo a la limpieza del terreno y posteriormente utilizando tractor y equipo mecánico se realizó la roturación del suelo con arado de disco seguido de dos pases de grada.

La siembra se realizó manualmente con semilla botánica, colocada a una profundidad de 2cm, se utilizó dos semillas por golpe, sin riego (Foto 1). Al momento de la siembra se aplicaron dosis de saturación de P y K, para tal fin se incorporó al suelo 100 kg de P_2O_5 /ha usando Superfosfato (0-36-0) y 877 kg de K_2O /ha usando Muriato de Potasio (0-0-60), ambos casos corresponden al 150% de los requerimientos minerales calculados.



Foto 1. Siembra de las semillas de Marango.

La limpieza del ensayo fue realizada de forma manual, la primera limpieza se realizó a los 30 días después de la germinación (Foto 2), esto como método de prevención contra posibles ataques de plantas indeseables que pudieran impedir y afectar la emergencia de las plántulas de Marango, para ello se utilizaron machetes, azadones, rastrillos, carretillas, y chapodadoras. Posteriormente se realizaron limpiezas cada dos meses.



Foto 2. Control manual de malezas de cultivo de Marango a los 30 días de establecido.

3.4.2. Control de plagas

La incidencia de plagas en el ensayo fue mínima y no se observó influencia alguna que inhibiera el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo, al observarse la presencia de zompos (*atta spp*) se realizó un control con Cypermetrina, en el mes de Agosto del 2007.

3.5 Corte de uniformidad

Antes de iniciar el período evaluativo se realizó un corte de uniformidad en el área experimental el 12 de Octubre del 2007 a una altura de 40cm del suelo y posteriormente los cortes evaluativos se efectuaron cada 45 días (Foto 3 y 4).



Foto 3 y 4. Corte de uniformidad a 40cm del suelo.

3.6 Descripción de los tratamientos y diseño experimental

Los factores a evaluar fueron: dos densidades de siembra (100 000 y 166 000 plantas/ha) y cuatro niveles de fertilización nitrogenada 0%, 50%, 100% y 150% de los requerimientos estimados de nitrógeno para el cultivo. Dicha fertilización se fraccionó en dos partes aplicando la primera al momento de la siembra y la segunda al entrar la época lluviosa en el mes de Mayo del siguiente año.

Basado en los resultados de Reyes *et al.* (2006) sobre producción de materia seca por hectárea y la composición del follaje del marango se estableció la cantidad de nutrientes (N, P, K) trasladados del suelo hacia la planta y estos datos se usaron como base de cálculo para determinar los niveles de fertilización nitrogenada, que fueron:

Nivel 0%: 0 kg N/ha/año, 0% de los requerimientos del cultivo.

Nivel 50%: 447.12 kg N/ha/año, 50% de los requerimientos del cultivo.

Nivel 100: 894.24 kg N/ha/año, 100% de los requerimientos del cultivo.

Nivel 150: 1341.36 kg N/ha/año, 150% de los requerimientos del cultivo.

El diseño experimental utilizado fue un Bloque Completo al Azar con arreglo en parcelas divididas. Se realizó una doble azarización, utilizando la tabla de los números aleatorios, primero las densidades de siembra fueron azarizadas en las parcelas principales, posteriormente, los niveles de fertilización nitrogenada en las sub.-parcelas (Figura 1).

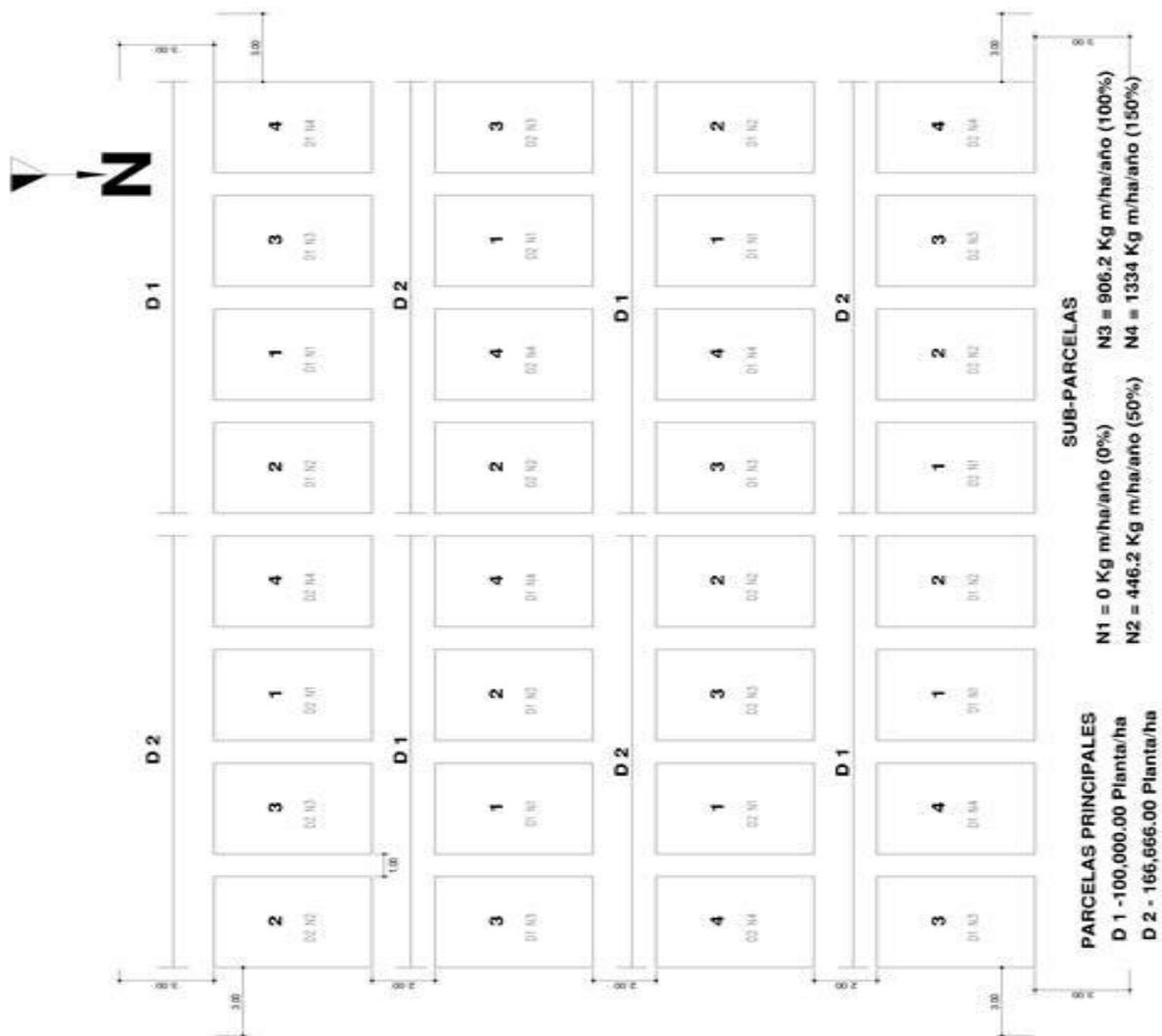


Figura 1. Distribución espacial de las densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en el área experimental.

3.7 Modelo Aditivo Lineal (MAL)

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + D_j + (BD)_{ij} + F_k + (DF)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

i: 1, 2, 3, 4 repeticiones

j: 1, 2, densidades de siembra

k: 1, 2, 3,4 niveles de fertilización

Y_{ijk} : Observación de i-ésima réplicas de la j-ésima densidad de siembra y k-ésimo nivel de fertilización.

μ : media poblacional.

B_i : Efecto del i-ésimo bloque.

D_j : Efecto de j-ésima densidad de siembra.

$(BD)_{ij}$: Efecto de la interacción del i-ésimo bloque con la j-ésima densidad de siembra.

F_k : efecto del k-ésimo nivel de fertilización.

$(DF)_{jk}$: Efecto de la interacción de la j-ésima densidad con el k-ésimo nivel de fertilización.

ε_{ijk} : error experimental.

3.8 Descripción de las variables

3.8.1 Rendimiento de Materia Fresca Total (RMFT)

Para la obtención del rendimiento de materia fresca/ha se efectuó el corte de material vegetativo correspondiente a la parcela útil a una altura de 40 cm, este se pesó y registró para estimar la producción de materia fresca total mediante la siguiente fórmula:

$$\text{RMFT} = \frac{\text{RMFT} \times 10000 \text{ m}^2}{12 \text{ m}^2}$$

3.8.2 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (RMFFF)

La porción fracción fina corresponde a la parte del follaje cortado compuesta principalmente por hojas, pecíolos y tallos finos con diámetro menores a 5mm (Foto 5); constituyendo esto la parte de mayor interés forrajero (Mármol 1994), la que era separada manualmente; pesada y registrada para calcular el RMFFF/ha mediante la siguiente fórmula:

$$\text{RMFFF} = \frac{\text{RMFFF} \times 10000 \text{ m}^2}{12 \text{ m}^2}$$



Foto 5. Materia Fresca Fracción Fina de *M. oleifera*.

3.8.3 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (RMFFG)

La porción fracción gruesa corresponde a la parte de la planta con tallos de diámetros mayores de 5mm (Foto 6), la cual era separada manualmente para estimar RMFFG/ha mediante la siguiente fórmula:

$$\text{RMFFG} = \frac{\text{RMFFG} \times 10000 \text{ m}^2}{12 \text{ m}^2}$$



Foto 6. Material Fresco Fracción Gruesa de *M. oleifera*.

3.8.4 Rendimiento de Materia Seca Total (RMST)

Para estimar el rendimiento de materia seca total se estimó primero el % de materia seca el cual después que se cosechaba, pesaba y registraba la materia fresca total por cada parcela se tomaba una muestra de materia fresca fracción fina y otra de materia fresca fracción gruesa estas eran pesadas y posteriormente eran llevadas al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional Agraria donde eran secadas en el horno de circulación forzada de aire a 60°C durante 72 horas, la materia seca se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso inicial de la muestra (g)} - \text{Peso final de la muestra (g)}}{\text{Peso inicial de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{Contenido de Materia Seca (\%)} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

Estimado el contenido de materia seca se calculó el rendimiento de materia seca total mediante la siguiente fórmula:

$$\text{RMST} = \frac{\text{RMST} \times (\% \text{ Materia Seca})}{100}$$

3.8.5 Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (RMSFF)

$$\text{RMSFF} = \frac{\text{RMSFF} \times (\% \text{ Materia Seca})}{100}$$

3.8.6 Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (RMSFG)

$$\text{RMSFG} = \frac{\text{RMSFG} \times (\% \text{ Materia Seca})}{100}$$

3.8.7 Altura promedio de las de las plantas

Para estimar la altura promedio de las plantas se tomaban 5 plantas diferentes al azar de cada parcela y se median con una cinta métrica desde la base de la planta hasta la punta de la última hoja (Foto 7), luego se calculaba el promedio usando la metodología del CIAT Toledo (1982).



Foto 7. Medición de altura de plantas de *M. oleifera*.

3.8.8 Mortalidad de Plantas

Se realizó en la etapa de campo dos conteos, el primero al entrar el invierno y el segundo al salir el invierno, las plantas que al momento del conteo, no presentaban hojas y se notaban secas se determinaban como muertas, luego se determinaba su proporción porcentual entre el total de plantas de la parcela.

3.8.9 Tasa de Crecimiento (TC)

Esta variable es la producción diaria de biomasa (kg/MS/ha/día) durante la frecuencia de corte y se estimaba mediante la siguiente fórmula:

$$TC = \frac{RMST \text{ Kg/MS/ha/día}}{\text{Frecuencia de corte(días)}}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de materia fresca total (ton/ha/año) RMFT

El análisis de varianza para la variable RMFT encontró que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para las variables niveles de fertilización y la interacción bloque por densidad, y que no existe diferencia ($p > 0.5$) para las otras variables en estudio.

(Anexo, Tabla 3).

La tendencia del RMFT fue incrementar desde 79.32 (Nivel 0%) hasta 188.45 ton/ha/año (Nivel 150%) en la medida que incrementaban los niveles de fertilización nitrogenada.

Al realizar la comparación de medias por la prueba de Tukey para la variable Rendimiento de Materia Fresca Total (Figura 3) con respecto a los diferentes niveles de fertilización nitrogenada se encontró que los mayores rendimientos se obtienen con los niveles 100 y 150%, con 186.35 y 188.45 ton/ha/año, respectivamente, los cuales no difieren significativamente ($P > 0.05$) entre sí, pero si difieren de los niveles 0% y 50% que tienen una producción de 79.32 y 122.94 ton/ha/año, respectivamente, los cuales no difieren estadísticamente entre sí.

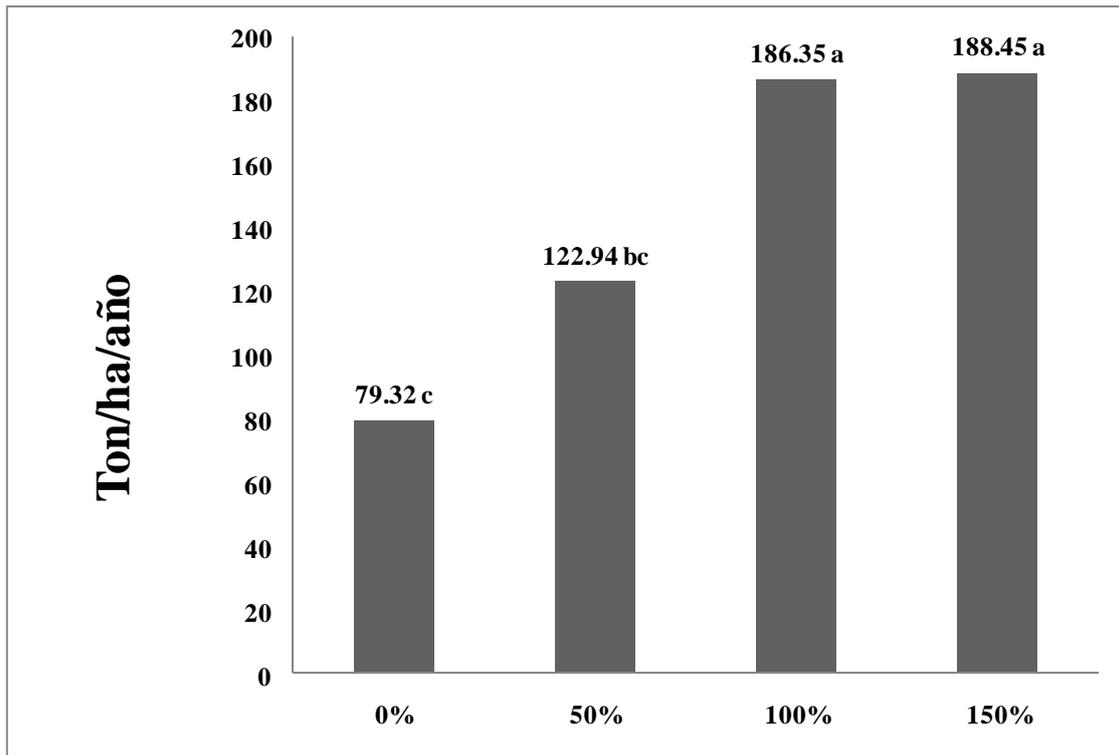


Figura 2. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total (ton/ha/año) de *Moringa oleifera*.

Nuestros resultados pueden explicarse a través de la ley de los rendimientos decrecientes que sostiene que cuando la cantidad de un insumo aumenta y el de los demás permanece constante se alcanza un punto a partir del cual el producto marginal del insumo variable disminuye. Por esa razón, la aplicación de dosis mayores al requerimiento de nitrógeno no marcan diferencia en la producción de forraje debido a que el suelo ha recibido los requerimientos necesarios y el excedente en la aplicación de fertilizante se traduce en esfuerzos no necesarios e inversiones económicas injustificadas.

De ahí que el máximo rendimiento económico puede no coincidir con el máximo posible (fisiológico), de tal forma que si se sigue aumentando la cantidad de fertilizante aplicado después del máximo fisiológico no se obtienen aumentos ni disminuciones significativas del rendimiento (Pina *et al.*, 1986)

La densidad de siembra no tuvo efecto significativo sobre el RMFT, pero normalmente a nivel de campo si muestran diferencias, encontrándose producciones de 129.62 y 158.91 ton/ha/año para las densidades de 100 000 y 166 666 plantas/ha, respectivamente (Figura 3).

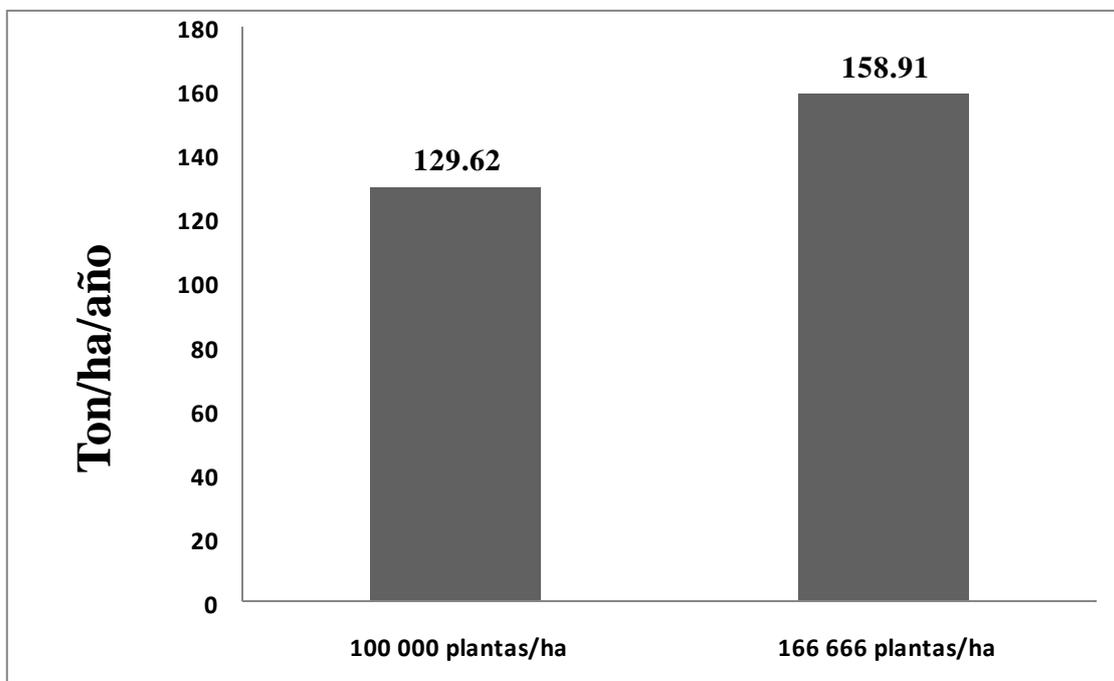


Figura 3. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total (ton/ha/año) de *Moringa oleifera*.

A medida que aumenta la densidad de siembra aumenta la producción de materia fresca total. Similares experimentos con otros arbustos forrajeros han reportados que a mayores densidades de siembra hay mayores rendimientos de biomasa (Guevara *et al* 1978 y Castillo *et al.*, 1979).

Los rendimientos individuales por plantas aumentan a medida que las distancia de siembra son mayores, mientras que los rendimientos por unidad de área aumentan al incrementar la densidad de siembra (Argel *e t al.*, 2001.)

El comportamiento de la variable coincide con lo expresado por Ivory (1990) de que una menor densidad de siembra se compensa con un mayor rendimiento individual y una mayor densidad de planta se traduce en un rendimiento individual, pero así mismo, en un mayor rendimiento por área.

Este mismo resultado fue encontrado por Foild., *et al* (1999), quien asegura que las altas densidades de plantas crea una alta competencia entre las plantas vía fototropismo, incidiendo esto en pérdidas de plantas de hasta 20 a 30 % por corte, lo cual directamente produce altas pérdidas de material productivo por área. Adicionalmente los diámetros de los tallos y rebrote son delgados incidiendo negativamente en la producción de material. Aunque se obtiene altas cantidades de masa fresca total debido a la alta densidad.

4.2 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (ton/ha/año) RMFFF

Las porciones de fracción fina constituyen la mayor parte de interés forrajero, asimilable, compuesta principalmente por hojas, peciolo y tallos finos. Se considera fracción fina a los tallos menores de 5 mm (Mármol, 1994).

En el resultado de ANDEVA para el RMFFF se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) para fertilización y bloque por densidad y que no hay diferencia ($p > 0.5$) para bloque, densidad, y para densidad por fertilización (Anexo, Tabla 4)

Las altas densidades presentan mayor competencia de nutrientes, por lo tanto en las mayores densidades las plantas presentaran los diámetros de tallos y rebrotes más delgados atribuidos a una menor concentración de carbohidratos lo que conlleva a un engrosamiento más lento en ellas.

Al realizar la prueba de Tukey para los niveles nitrogenado en la Fracción Fina, se encontró que los mayores rendimientos se obtuvieron con el 150% de los requerimientos de las plantas, (143.31 ton/ha/año), y con el 100% , (138.52 ton/ha/año), los que no muestran diferencia significativa entre ellos ($P > 0.05$), pero que si difiere ($P < 0.05$), del 50% (98.33 ton/ha/año) y del 0%, (63.87 ton/ha/año) los cuales no difieren entre si ($P > 0.05$), (Figura 4).

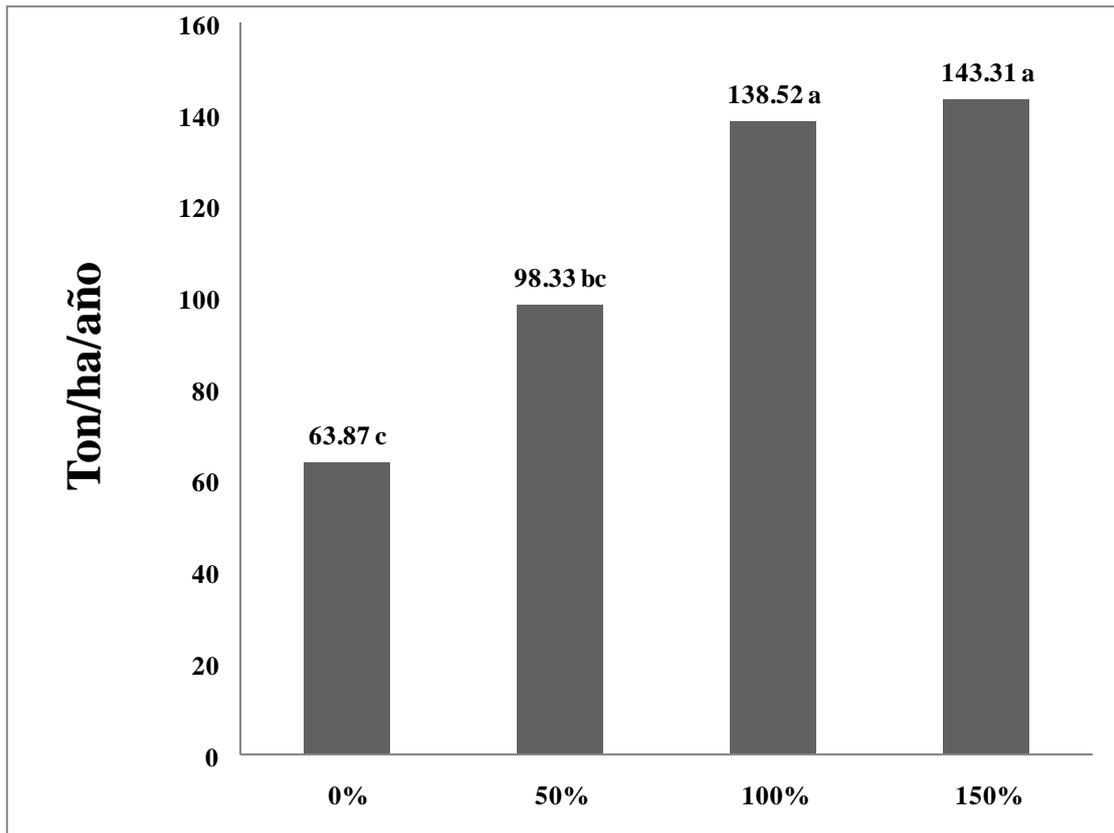


Figura 4. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (ton/ha/año) de *Moringa oleifera*.

Se encontró un notable incremento de la producción con respecto a los niveles nitrogenados, mostrando un aumento realmente significativo de 74.65 ton/ha/año entre los niveles 0% y 100% y un aumento menor a medida que incrementamos la fertilización, este comportamiento se observa en los niveles 100% y 150% que muestran una diferencia de 4.79 ton/ha/año, aunque no es estadísticamente significativa. Por lo cual, se podrá aumentar la cantidad de fertilizante mientras que ello signifique un aumento en la cosecha, de manera que el rendimiento tenga un valor adicional mayor que el del fertilizante empleado.

No se encontró diferencia estadística significativa para la densidad, pero a nivel de campo existe un aumento de 24.84 ton/ha/año (Figura 5), esto se le atribuye a la compensación de material vegetativo de las altas densidades.

Según Argel, *et al* (2001) y Ivory (1990) el rendimiento individual de la planta disminuye en densidades mayores, pero que este mismo aumenta por área debido a la mayor cantidad de plantas.

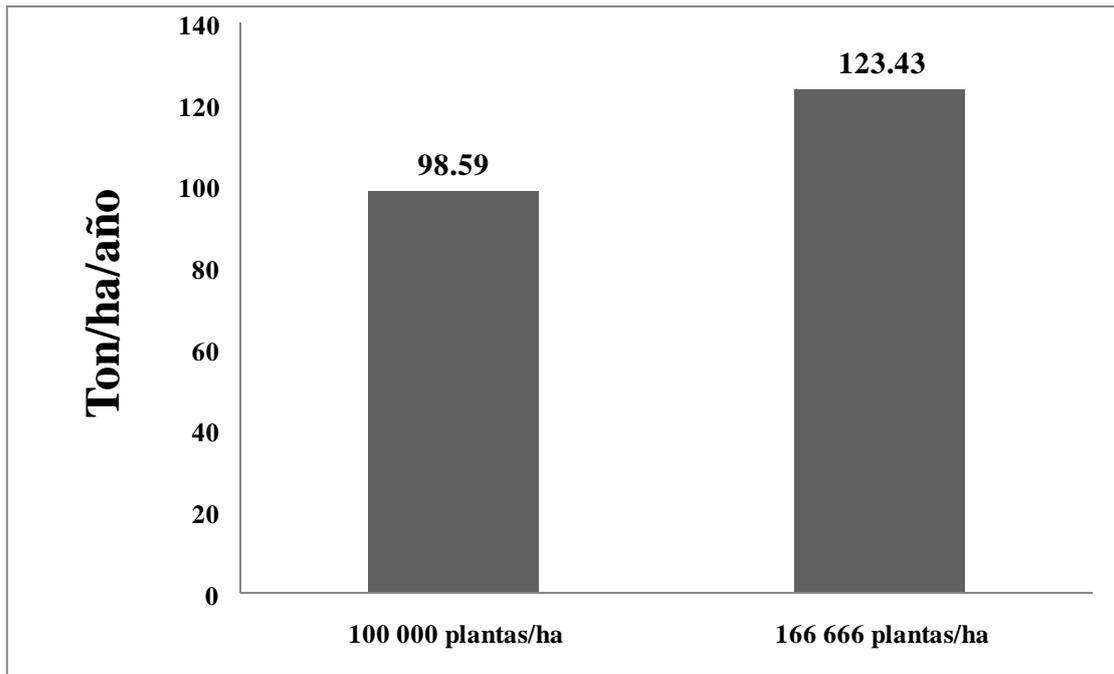


Figura 5. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (ton/ha/año) de *Moringa oleífera*.

Estos resultados son superiores a los encontrados por Jarquín y Jarquín (2003), quienes obtuvieron una producción de 36.12 ton/ha/año, habiéndolo fraccionado en dos partes según las épocas del año, 28.80 ton/ha/año (época lluviosa) y 7.32 ton/ha/año (época seca), cabe mencionar que dicho estudio fue realizado sin fertilización.

4.3 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (ton/ha/año) RMFFG

Según Pezo (1982), a medida que la planta madura, la concentración de las fracciones solubles propias del contenido celular tiende a declinar, mientras que los constituyentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) se elevan y conllevan al engrosamiento de los tallos y disminución de su valor nutricional.

Es considerada fracción gruesa los tallos mayores de 5 mm, los que constituyen una parte de la planta de menor importancia ya que requiere de mayor trabajo para su asimilación y tiene menor palatabilidad, aun cuando se ha podido observar que es en el caso de Marango es consumida por los animales.

Al realizar el ANDEVA, para el RMFFG se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) para la fertilización (Anexo, Tabla 5).

Al realizar la separación de medias de Tukey para la fertilización, se encontró que la mayor producción se obtuvo con el nivel de 150%, el que difiere significativamente del nivel 0% (Figura 6). Es importante mencionar que aunque no hay diferencias entre los niveles 50% y 100%, en el campo se obtuvo un incremento de 101,2% cuando el nivel de fertilización usado pasó de 50% de los requerimientos a 100% de los requerimientos.

Al analizar el comportamiento de las variables (Tukey) Rendimiento Materia Fresca Fracción Fina y Rendimiento Materia Fresca Fracción Gruesa es importante apreciar que, aunque en ambas hay un aumento significativo a nivel de campo, este es mayor en la variable Rendimiento Materia Fresca Fracción Fina mostrando un incremento de 25.19%, siendo esta la parte de mayor interés forrajero. Por otro lado la variable Rendimiento Materia Fresca Fracción Gruesa muestra un menor aumento (12.9%).

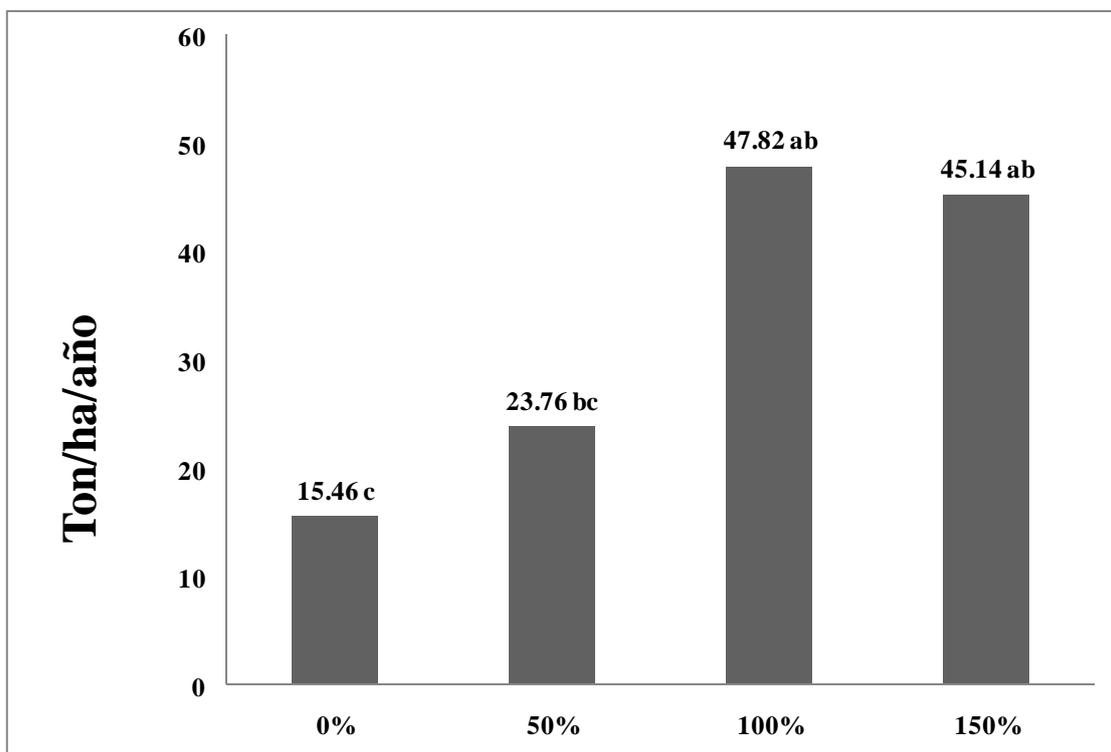


Figura 6. Efecto de diferentes niveles de Fertilización Nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (ton/ha/año) de *Moringa oleífera*.

No se encontró diferencias estadísticas significativa para la densidad aunque sí, como se ha venido mencionado, hay diferencias en el material obtenido en el campo, de 12.9% de material vegetativo. (Figura 7)

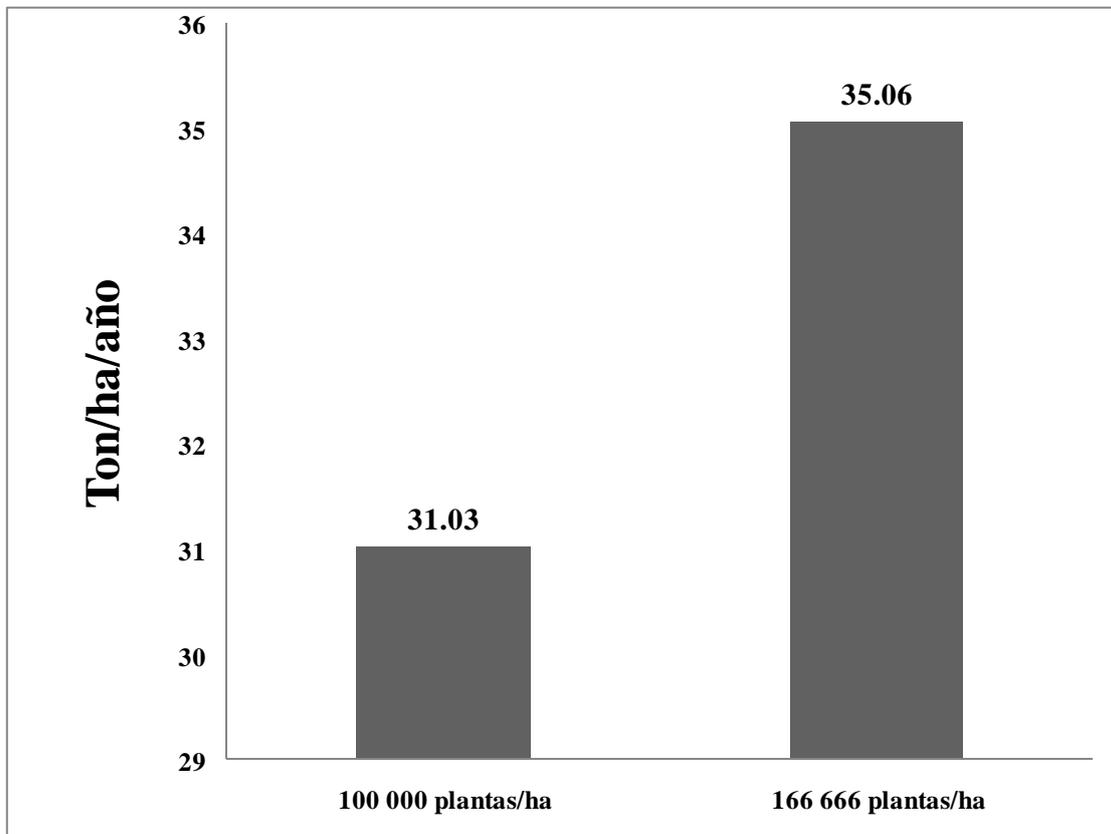


Figura 7. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (ton/ha/año) de *Moringa oleífera*.

4.4 Rendimiento de Materia Seca total (ton/ha/año) RMST

En el análisis de varianza para la variable RMST, se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) para las variables fertilización y bloque por densidad (Anexo, Tabla 6).

En la comparación de media por la prueba de Tukey, para la fertilización se encontró que el nivel 100% presentó la mayor producción de materia seca total con 26.43 ton/ha/año, seguido del nivel 150% que muestra 25.83 ton/ha/año, estos tratamientos no difieren entre sí, pero si difieren del nivel 50% que presenta un decrecimiento en la producción con 16.95 ton/ha/año, y del nivel 0% que presenta la menor producción con 11.09 ton/ha/año, estos últimos no difieren entre sí (Figura 9).

Estos resultados demuestran un incremento a medida que se suplen los requerimiento de las plantas de hasta 5 veces mayor en la producción de materia seca ton/ha/año de *M. oleífera*.

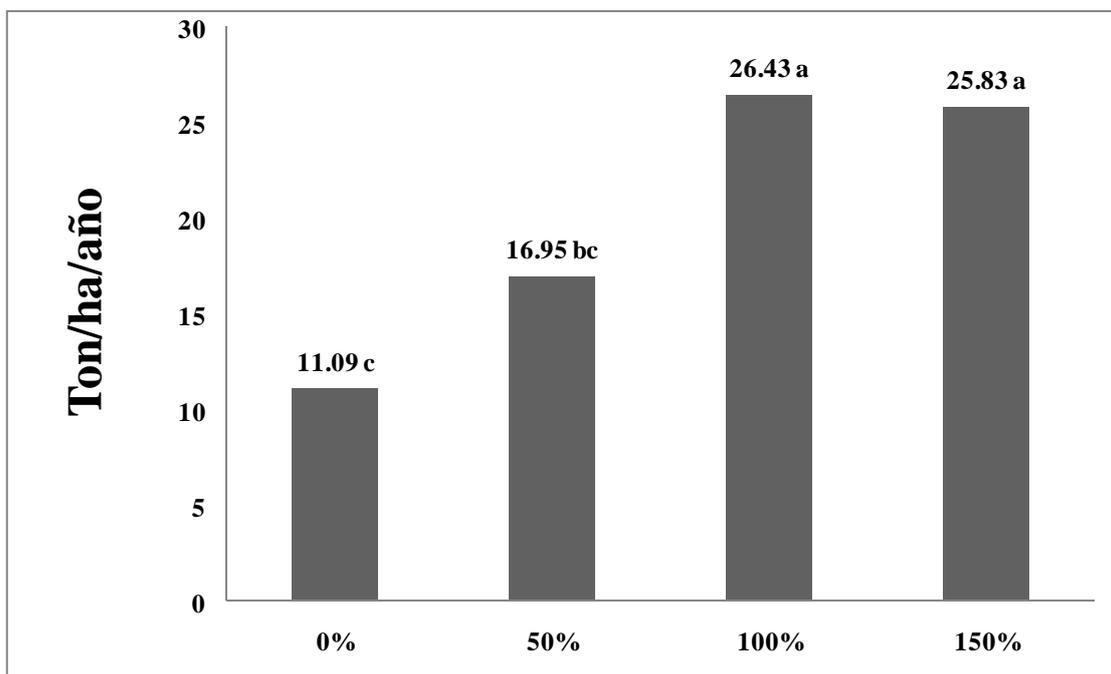


Figura 8. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Total (ton/ha/año) de *Moringa oleífera*.

Al realizar la prueba de Tukey se encontró que a menor grado de fertilización en el suelo disminuye la producción de materia seca en las plantas (Figura 8), esto se debe a la mayor competencia por los nutrientes, lo que provoca un descenso en los niveles de carbohidratos de reservas que son requeridas para la respiración y crecimiento, lo cual influye notablemente en el desarrollo del área foliar y afecta por lo tanto la tasa fotosintética.

No obstante, a como se ha venido mencionando, si subimos los niveles de fertilización tendremos una menor competencia entre planta lo que provocará un crecimiento mayor, y a su vez, aumentara el porcentaje de materia seca; esto basado en los resultados obtenidos en este experimento.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Salazar (2007) quien reporta un incremento en la producción de MS utilizando 150 kg de N/ha/año previamente de dos abonos orgánicos (lombri-abono y compostaje) y de un fertilizante químico en Morera (*Morus alba*) de 21.411, 21.581, 21.4776 y 26.567 ton/ha/año.

Otros investigadores (Rodríguez *et al* 1992) han informado de rendimientos de 2 a 26 ton/ha/año de materia seca con plantas enteras, cosechadas a 30cm sobre el nivel del suelo, en intervalos de poda de 6 a 12 semanas y con niveles de fertilización de 0 a 80 kg de N/ha/año. En otro estudio, de *Morus alba*, Benavides *et al* (1994) emplearon niveles de fertilización nitrogenada de 0 a 480 Kg/ha/año durante tres años, logrando rendimiento de materia seca de 10 a 30 ton/ha/año.

Hay que considerar que cuando un nutriente se encuentra en el suelo o en la planta en estado deficitario, al aumentar su aportación, se consiguen aumento en la producción que compensa el costo del abono suplementario. Sin embargo a partir de determinados niveles de este elemento, el incremento de la producción como consecuencia del mayor aporte del mismo es decreciente, alcanzándose un nivel crítico, en el que el mayor gasto de fertilizante deja de compensar la mejora en el rendimiento de la cosecha (Paredes y Millo, 1982).

No se encontró diferencia significativa para las densidades de siembra, pero a nivel de campo si se encontró diferencia entre ellas (Figura 9) obteniendo la segunda densidad la mayor producción (21.66 ton/ha/año) y la primera una menor producción (18.49 ton/ha/año), esta variable no muestra diferencia estadística significativa, pero sí muestra un incremento a nivel de campo de 3.17 ton/ha/año.

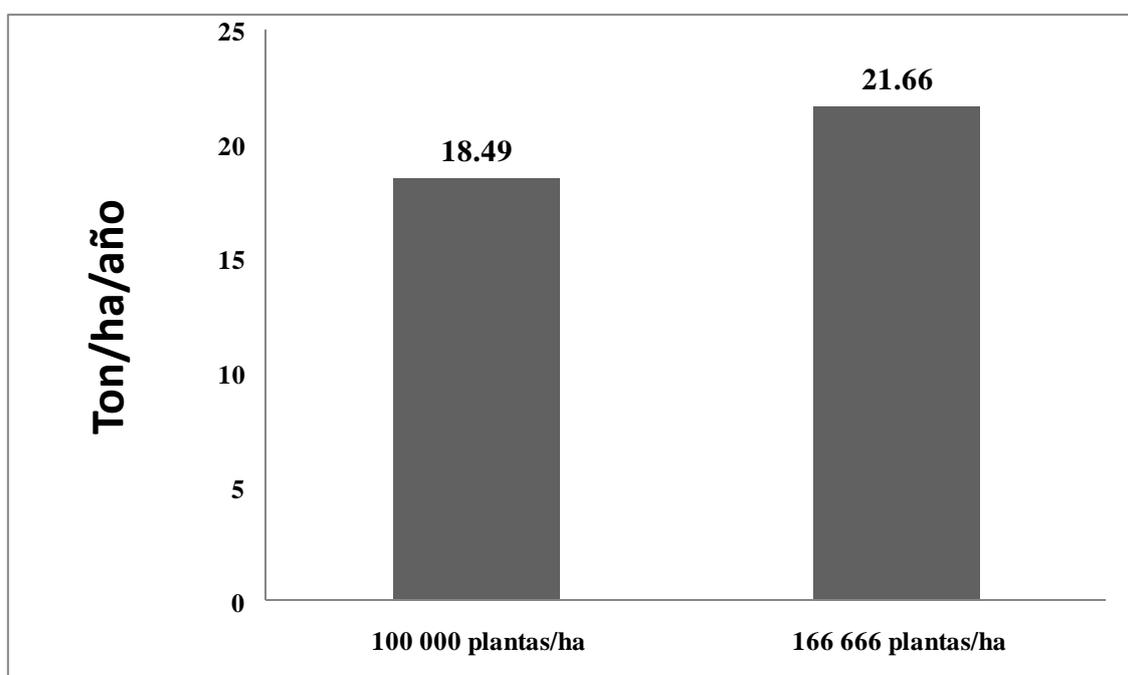


Figura 9. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Total (ton/ha/año) de *Moringa oleífera*.

Estos resultados son superiores a los encontrados por Jarquin y Jarquin (2003), quienes encontraron una producción 8.18 ton/ha/año para la frecuencia de corte de 45 días, y a los reportados por Foild *et al.*, (1999) que obtuvieron producciones de 4.16 y 5.07 ton/ha/año con la misma frecuencia de corte en densidades de 350,000 y 900,000 plantas/ha, los resultados obtenidos demuestran que la producción total de materia seca puede ser afectada por variaciones en las densidades de siembra obteniendo mejores resultados en densidades menores .

En estudios realizados por Granera y Urbina (2003) de *Cratylia argentea* con diferentes densidades de siembra obtuvieron los mejores resultados con la densidad de 40,000 plantas por hectáreas con una producción de 16.15 ton/ha.

4.5 Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (ton/ha/año) RMSFF.

La proporción entre la fracción fina y gruesa de la materia seca, es un indicativo de la cantidad de forraje de alto valor nutritivo, que se puede obtener a partir de una planta (Pathak *et al.*, 1980).

En el análisis de varianza para la variable RMSFF, se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) para las variables fertilización y bloque por densidad (Anexo, Tabla 7).

Al realizar la separación de media por la prueba de Tukey, para la fertilización se encontró la mayor producción para el nivel 150% (20.05 ton/ha/año), el cual no difiere estadísticamente del nivel 100% (19.2 ton/ha/año), estos dos difieren significativamente del nivel 50% (13.86 ton/ha/año), y todos difieren del nivel 0% que muestra la menor producción (9 ton/ha/año). (Figura 10)

Estos resultados son superiores a los encontrados por Jarquín y Jarquín (2003) quienes obtuvieron una producción de 5.87 ton MS/ha para la variable fracción fina fraccionada en las dos épocas del año 4.58 ton MS/ha (época de lluvia) y 1.19 ton MS/ha (época seca).

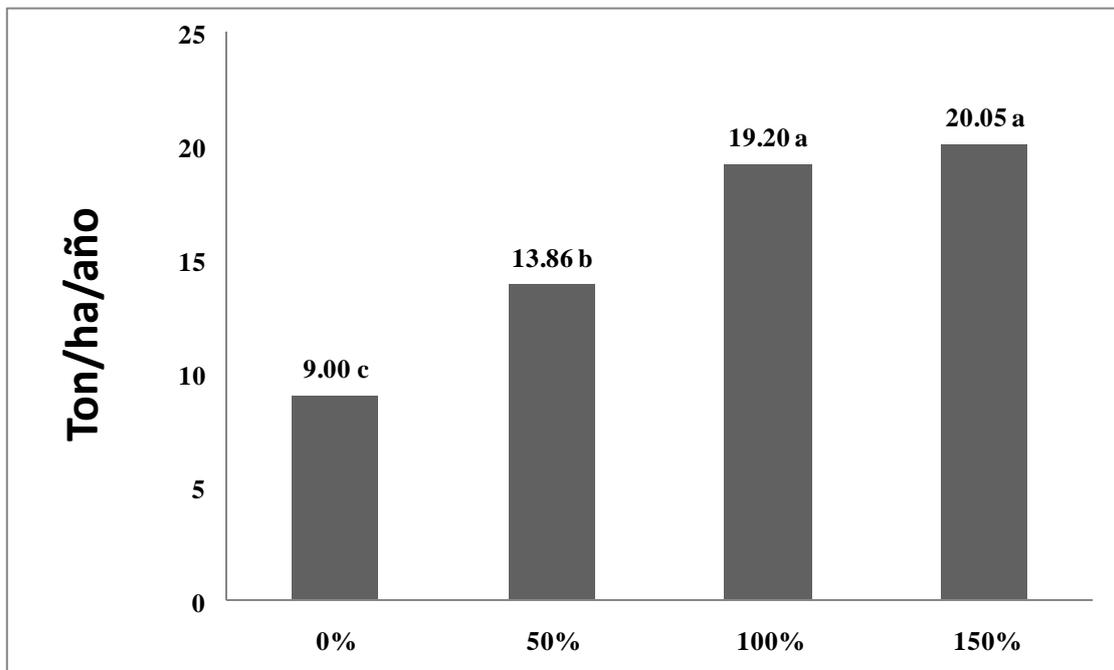


Figura 10. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (ton/ha/año) de *Moringa oleifera*

La densidad de siembra no obtuvo diferencias significativas sobre el RMSFF, pero nominalmente sí muestran diferencias, encontrándose producciones de 13.94 y 17.12 ton/ha/año par las densidades de 100 000 y 166 666 plantas/ha, respectivamente (Figura 11).

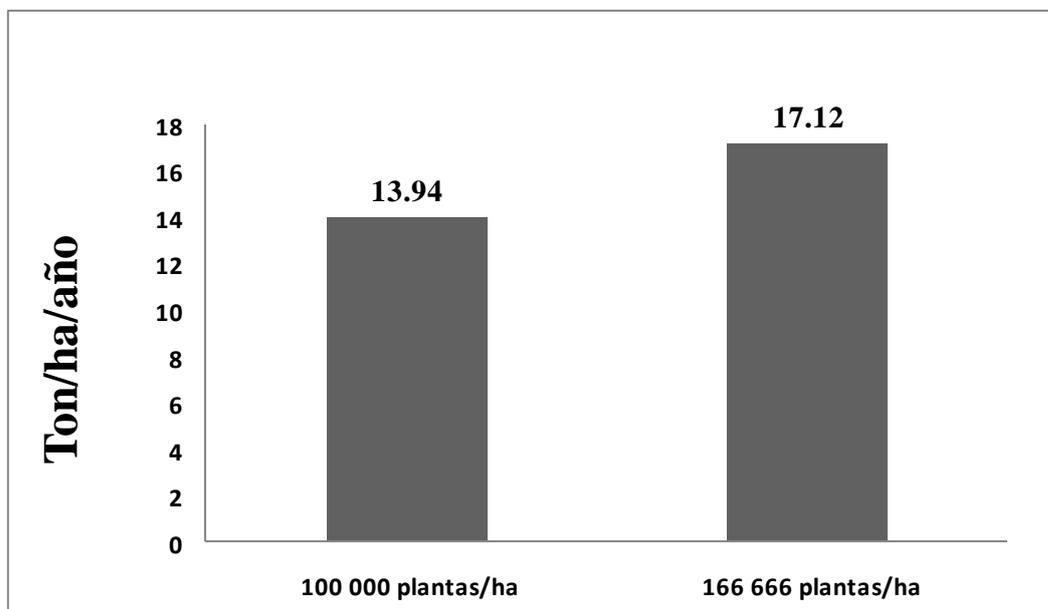


Figura 11. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (ton/ha/año) de *Moringa oleífera*.

4.6 Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (ton/ha/año) RMSFG

El análisis de varianza para la producción de materia seca fracción gruesa mostró diferencia altamente significativa ($P < 0.05$) para fertilización, y para bloque por densidad y que para densidad y la interacción densidad por fertilización no presentan diferencia significativa ($p > 0.5$). (Anexo, Tabla 8)

Al realizar la separación de media por la prueba de Tukey, para la fertilización se encontró la mayor producción para el 100% de los requerimientos (7.23 ton/ha/año), el cual no difiere estadísticamente del nivel 150% (5.77 ton/ha/año), estos dos difieren significativamente del nivel 50% (3.09 ton/ha/año), que no muestra diferencia del nivel 150% y del nivel 0% que muestra la menor producción (2.08 ton/ha/año). (Figura 12)

se puede observar que los rendimientos de *M. oleífera* además de las densidades de siembra se ven igualmente influenciado por la fertilidad del suelo, lo que quiere decir que mientras se suplan los requerimientos de las plantas, habrá mejor disponibilidad de carbohidratos de reserva en la planta que son requeridos para la respiración y crecimiento y por lo tanto habrá un incremento en los niveles de producción.(Teague 1989), hay que tener en cuenta que el exceso de un mismo requerimiento de la planta conlleva a limitar las capacidades de la misma y como consecuencia habrá un descenso en la producción (Voisin 1967.)

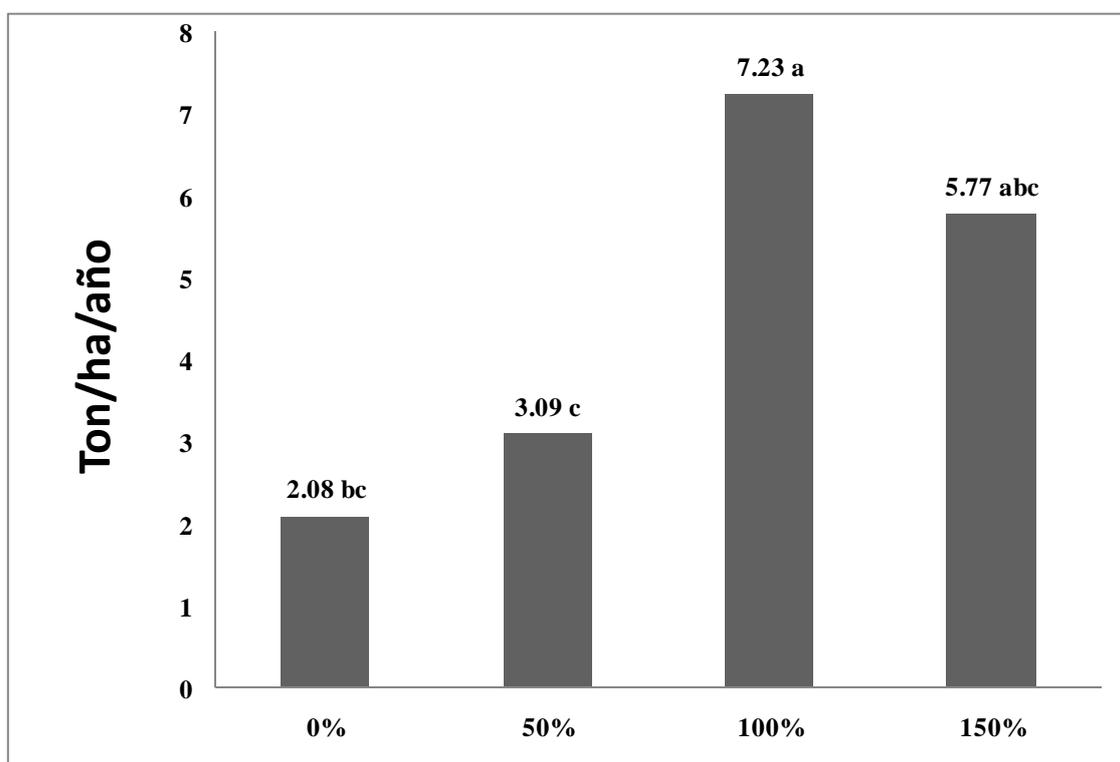


Figura 12. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (ton/ha/año) de *Moringa oleífera*.

La densidad de siembra no obtuvo diferencia significativa sobre el RMSFG, pero nominalmente sí muestra diferencia, encontrándose producciones de 4.55 y 4.58 666 plantas/ha, respectivamente (Figura 13).

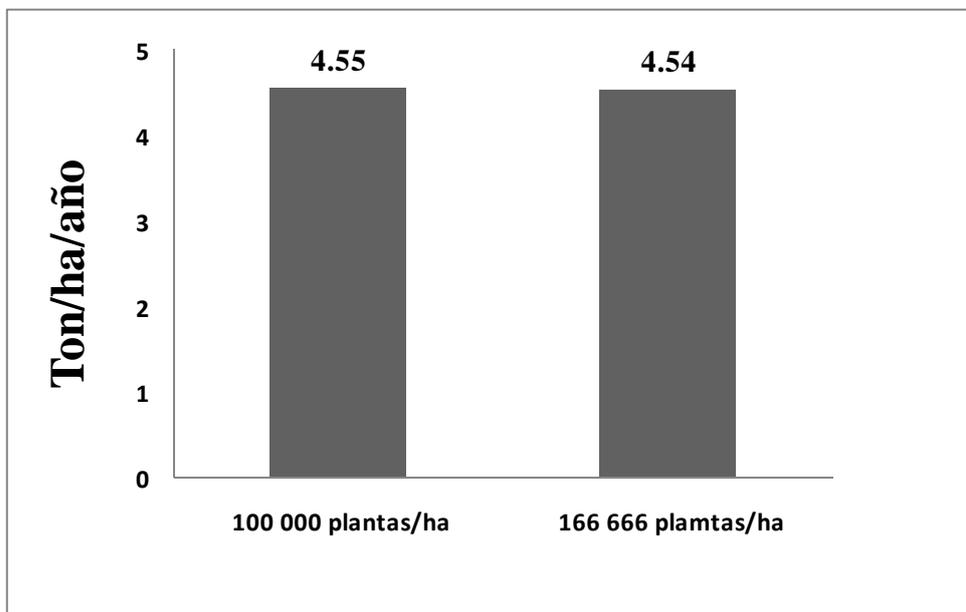


Figura 13. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (ton/ha/año) de *Moringa oleífera*.

4.7 Altura Promedio de las Plantas

La altura de la planta, es un componente del rendimiento que, permite conocer cuando puede ser cosechada al correlacionarlo con otros factores (Mishra *et al.*, 1991).

M. oleífera es un árbol de crecimiento rápido, alcanza una altura de 7 a 12 metros hasta la coronas, algunas veces, la copa se ve abierta tipo paraguas (Foild *et al.*, 1999).

El análisis de varianza para la altura promedio de las plantas arrojó que existe diferencia altamente significativa ($P < 0.05$) para la fertilización (Anexo, Tabla 9).

Al comprobar que existe efecto significativo ($P < 0.05$) de la fertilización sobre la altura promedio de las plantas, se realizó la comparación de medias, por la prueba de Tukey, (Figura 14) encontrándose que la mayor altura se obtiene con el nivel 100% (1.39

metros), el que no difiere estadísticamente del nivel 150% (1.34 ton/ha/año), este último no difiere significativamente del nivel 50% (1.28 metros), y del nivel 0% (1.15 metros). La fertilización esta afectando la altura, incrementando sustancialmente el rendimiento de Materia Fresca Total, Materia Fresca Fracción Fina y Materia Fresca Fracción Gruesa, así como la Tasa de Crecimiento. Lo anterior se debe a la compensación de nutrientes extraídos por las plantas para la producción de material vegetativo aportado por la fertilización. A como podemos observar en el presente trabajo que a medida que suplimos las necesidades nutritivas de las plantas los rendimientos antes mencionado son mayores.

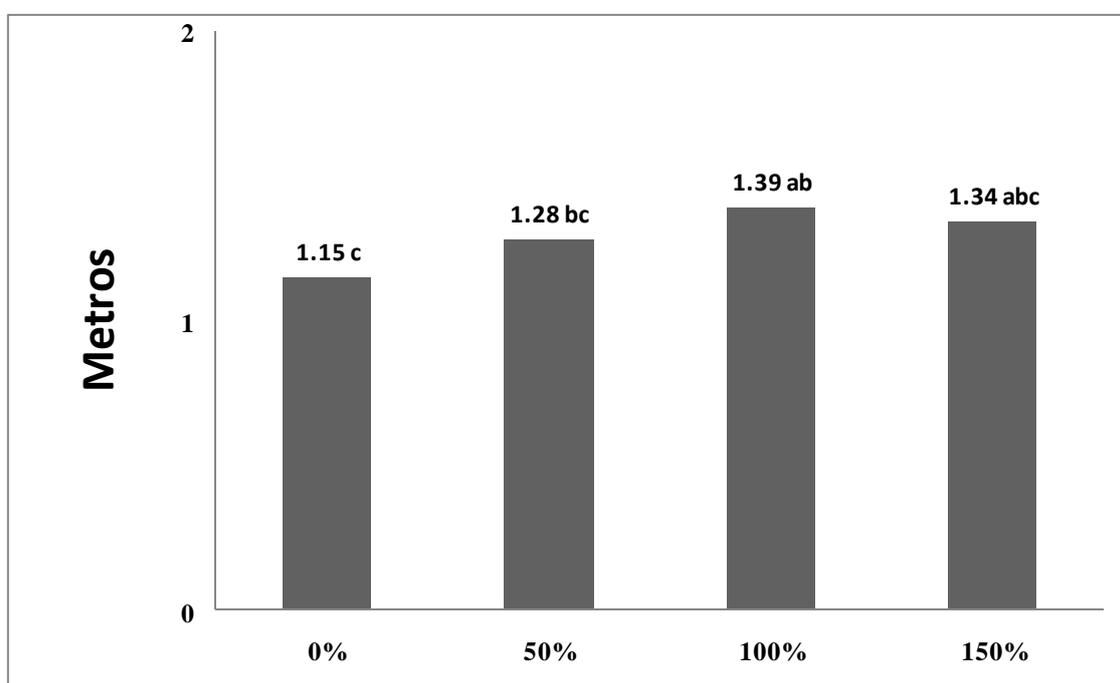


Figura 14. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la altura promedio de las plantas (metros) de *Moringa Oleífera*.

4.8 Mortalidad

Para medir la mortalidad de las plantas se realizó un primer conteo (visual), al entrar el invierno y un segundo conteo (visual) a la salida del invierno, las plantas que al momento del conteo no presentaban hojas y se notaban secas se determinaban como muertas, luego se determinaba su peso porcentual entre el total de planta de la parcela.

M. oleifera mostró sobrevivencia de 100%, estos mismos resultados fueron encontrados por Medina *et al.*, (2007) quienes compararon dos especies forrajeras y encontraron que *M. oleifera* presentó una germinación y sobrevivencia de 100% vs *L. leucocephala* que mostró porcentajes levemente inferiores (95% en ambos casos). Lo que podemos concluir que Marango (*Moringa oleifera*) tiene una mayor germinación y sobrevivencia que otros arbustos forrajeros.

4.9 Tasa de Crecimiento (TC)

Según Wilson (1984) y Pezo (1982), al incrementar la tasa de crecimiento, también se incrementa la tasa de maduración, la cual resulta en incrementos importantes en la lignificación de las paredes celulares.

El análisis de varianza para la tasa de crecimiento muestra que existe diferencia altamente significativa ($P < 0.05$) para fertilización, y bloque por densidad y para la densidad y la interacción densidad por fertilización no presentan diferencia alguna ($p > 0.5$) (Tabla 10, Anexo).

Al realizar la comparación de medias, por la Prueba de Tukey para la TC con respecto a la fertilización se encontró que el mayor crecimiento se obtiene con el nivel 100% (73.42 kg MS/ha/día), y con el nivel 150% (71.74 kg MS/ha/día), estos no muestran diferencias significativas entre sí, pero que sí difieren del nivel 50% (47.09 kg MS/ha/día), y del nivel 0% que muestra el menor crecimiento (30.82 kg MS/ha/año), estos últimos no difieren estadísticamente (Figura 15).

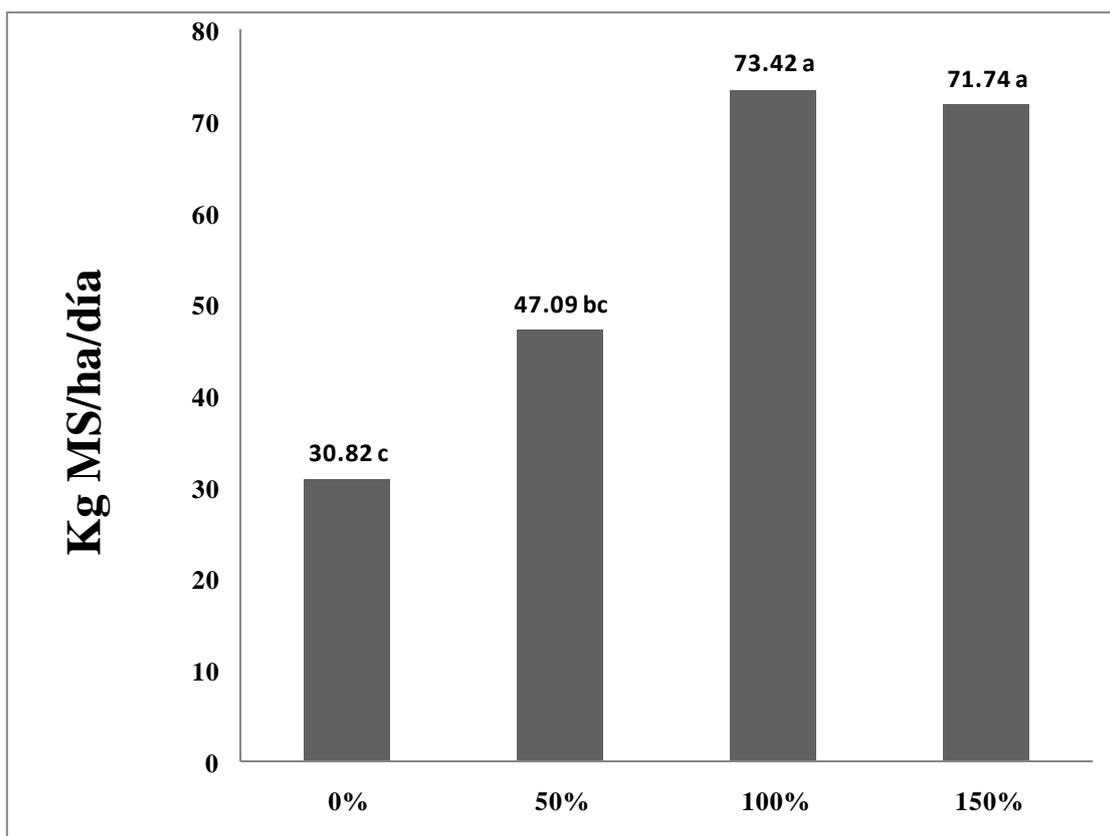


Figura 15. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la Tasa de Crecimiento (kg Ms/ha/día) de *Moringa oleífera*.

Estos resultados son superiores a los reportados por Jarquín y Jarquín (2003) que en diferentes frecuencias de cortes obtuvieron 22.73 kg MS/ha/día para 45 días, 27.41 kg MS/ha/día para 60 días, 34.70 kg MS/ha/día para 75 días.

También difieren de los reportados por Foild *et al.*, (1999) quienes obtuvieron tasas de crecimiento de 23.11 kg MS/ha/día, para densidades de 350,000 plantas/ha y tasa de crecimiento de 28.15 kg MS/ha/día para densidades de 900,000 plantas/ha, trabajando con una frecuencia de corte de 45 días.

Lo que quiere decir que restituyendo los minerales del suelo extraídos por las plantas y moderando las densidades de siembra alcanzamos un incremento en la producción de hasta 50.69 kg MS/ha/día.

Las densidades de siembra no obtuvieron diferencia significativa estadística sobre la TC, pero normalmente en el campo existe un crecimiento sustancial entre ellas de 8.81 kg MS/ha/día para la mayor densidad. (Figura 16)

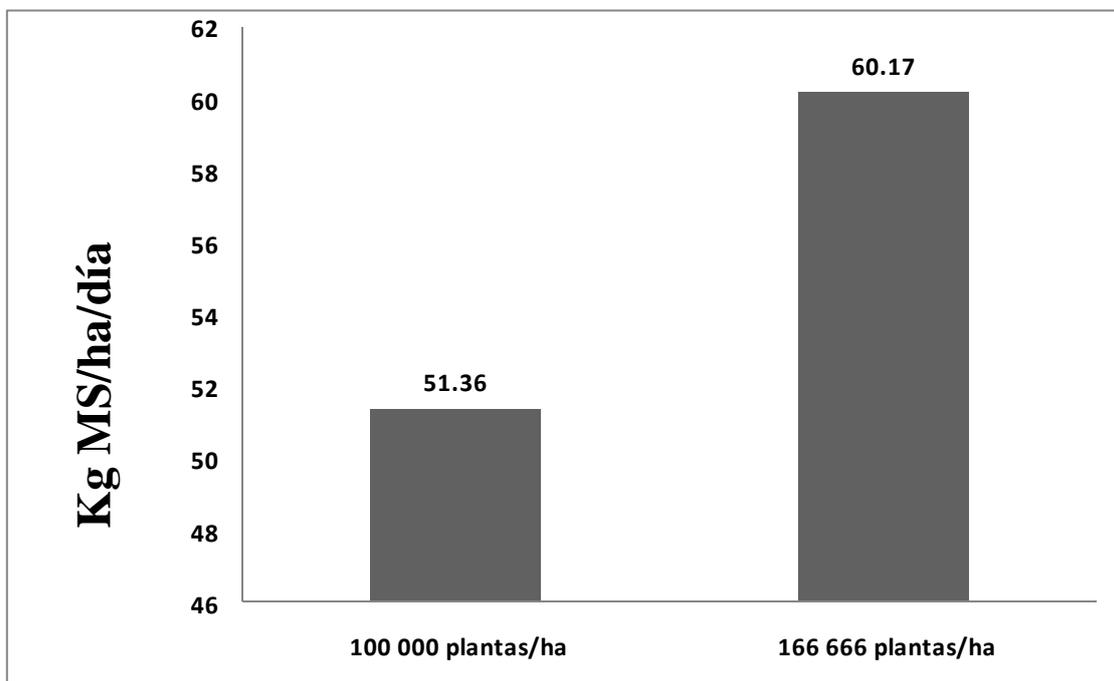


Figura 16. Efecto de la densidad de siembra sobre la Tasa de Crecimiento (kg MS/ha/día) de *Moringa oleífera*.

V. CONCLUSIONES

Esta investigación permitió cumplir con el objetivo general propuesto de conocer el efecto de fertilización y densidades de siembra en el comportamiento productivo de *Moringa oleífera* y con base a los resultados obtenidos llegamos a las siguientes conclusiones:

La fertilización nitrogenada tiene efecto significativo sobre la altura, tasa de crecimiento, rendimiento de biomasa total fracción fina y fracción gruesa y cantidad de materia seca fracción fina y fracción gruesa de *M. oleífera*.

La densidad de siembra no tiene efecto significativo sobre la altura, tasa de crecimiento, rendimiento de biomasa total fracción fina y fracción gruesa y cantidad de materia seca fracción fina y fracción gruesa de *M. oleífera*.

Los mayores rendimientos de biomasa de *M. oleífera* se obtuvieron con el 100% y 150% de los requerimientos de las plantas.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Argel, P. J.; Hidalgo, C.; González, J.; Lobo, M.; Acuña, V.; y Jiménez, C. 2001. Cultivar Veraniega (*Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze). Una Leguminosa Arbustiva para la Ganadería de América Latina Tropical. Consorcio Tropileche (CATIE, CIAT, ECAG, MAG, UCR). Boletín Técnico. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). 26 p.
- BENAVIDES, J.E.; LACHAUX, M.; FUENTES, M. 1993. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus* sp.). In: J.E. Benavides ed. "Arboles y arbustos forrajeros en América Central". Vol. II. Serie técnica, Inf. técnico No. 236. Turrialba, C.R. CATIE. pp. 495-514.
- Foidl, N., Mayorga, L. and Vásquez, W. 1999. Utilización del Marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para el ganado. Conf. Electrónica de la FAO sobre Agrofor. para la Prod. Anim. en América Latina. www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm.
- Folk-Ard G. y J. Sutherland. 1996. *Moringa oleifera*, un árbol con enormes potencialidades. Agroforestry Today, 8(3): 5-8.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2008 estación Meteorológica del Aeropuerto Internacional de Managua.
- Guevara Benitez, D. C.; Ubeda Ontiveros, J. M. y Morillas Márquez, F. 1978 Phlebotominae de la provincia de Granada. Estudio de poblaciones. Rev. Ibér. Parasit., 38; 313-339.
- Granera, J. M; L. Urbina, F. J., y Reyes, N. 2003. Producción de biomasa de *Cratylia argentea* bajo diferentes densidades de siembra y frecuencia de corte, en el trópico seco de Nicaragua. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 55
- Ivory, D.A. 1990. Major characteristics, agronomic features and nutritional value of shrubs and tree fodders. In: C. Devendra (ed.). Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals, Proceedings of a Workshop held in Denpasar, Indonesia, July 24-29, 1989. IDRC, Ottawa, Canadá. p. 22-38.
- Jarquín, S.J; Jarquín, C.M; Reyes, N. 2003. Producción de Biomasa de *Moringa Oleífera*, Bajo deferente densidades de siembra y frecuencia de corte en el trópico seco de Nicaragua. Tesis. Ing. Agron. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 59 p.
- LABSA (Laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria). 2007. Análisis químico y Físico de las condiciones del suelo de la hacienda las Mercedes, Managua, Nicaragua.)
- Mármol, FJ. 1994. Evaluación de accesiones de *Leucaena* en el bosque muy seco tropical del estado Zulia, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 11:43-52.

MEDINA M. G., GARCÍA D. E., CLAVERO T. e IGLESIAS J. M. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Trop.*, 25(2): 83-93.

Mishra, U.S., D.S. Katiyar y A. Kumar. 1991. Character association and path analysis in buffel grass. *Annals of arid zone* 30(3):243-245.

Pathak, P. S; R Raid; R. Debray 1980 forage production from koolbabool *Leucaena leucocephala* (Lam) de wit. 1. Effect of plant density cutting intensity and interval Forage Res. 6; 8390.

Paredes, F.; Millo E, 1982. Normas oara la fertilización de agrios. Serie: Fullets Divulgació. No. 5-88 2da edición.

Pezo, D. 1982. El pasto base de la produccion bovina. En: Aspectos nutricionales en los sistemas de produccion bovina. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Serie materiales de enseñanza N- 7 p. 87-109.

Pina N; Herrera O; Armas J; 1986. Suelo planta y abonado; Pueblo y educación. La Habana (Cuba). 461 p.

Moroto L.O., E. Cruz, E. Francaise, V. Driesche, S. Beckmans, M.J. Manso, L. Lazo, C. Ríos y J.M. Machado. 2000. *Moringa oleifera* Lam. (Pterigosperma): Consideraciones sobre la presencia de lectinas. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y Arbustos en la ganadería Tropical". Tomo I. Est. Exp. Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. pp. 215-217.

Zamora, S.; García, J.; Bonilla, G.; Aguilar, H.; Harvey, C.; Ibrahim, M. 2001. Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. *Agroforesteria en las Américas* Vol 8(31): 31-38.

VII. ANEXOS

Tabla 3. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Total (Ton/ha/año)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	121699	405566	0.90	0.535
Densidad	1	54901	54901	1.21	0.351
Bloque*Densidad	3	135864	45287	3.01	0.031
Fertilización	3	537322	179107	11.89	0.00
Densidad*Fertilización	3	11039	3680	0.24	0.865
Error	242	3646813	15069		
Total	255				

Tabla 4. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (Ton/ha/año)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	51884	17295	0.83	0.561
Densidad	1	39480	39480	1.89	0.263
Bloque*Densidad	3	62829	20943	3.51	0.016
Fertilización	3	267753	89251	14.95	0.000
Densidad*fertilización	3	5726	1909	0.32	0.811
Error	242	1445189	5972		
Total	255				

Tabla 5. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (Ton/ha/año)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	16101	5367	1.18	0.448
Densidad	1	1039	1039	0.23	0.665
Bloque*Densidad	3	13653	4551	1.49	0.219
Fertilización	3	48656	16219	5.29	0.001
Densidad*fertilización	3	1288	429	0.14	0.936
Error	242	741294	3063		
Total	255	822032			

Tabla 6. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Seca Total (Ton/ha/año)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	2402.3	800.8	0.75	0.592
Densidad	1	643.8	643.8	0.60	0.495
Bloque*Densidad	3	3216.4	1072.1	4.75	0.003
Fertilización	3	10489.8	3496.6	15.48	0.000
Densidad*fertilización	3	196.5	65.5	0.29	0.833
Error	242	54653.9	225.8		
Total	255				

Tabla 7. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (Ton/ha/año)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	1138.38	379.46	0.95	0.516
Densidad	1	648.08	648.08	1.63	0.292
Bloque*Densidad	3	1195.25	398.42	4.77	0.003
Fertilización	3	5075.64	1691.88	20.28	0.000
Densidad*fertilización	3	183.98	62.33	0.73	0.532
Error	242	20192.49	83.44		
Total	255				

Tabla 8. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Seca Fracción Gruesa (Ton/ha/año)

	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	347.38	115.79	0.71	0.608
Densidad	1	0.01	0.01	0.00	0.995
Bloque*Densidad	3	490.34	163.45	2.30	0.077
Fertilización	3	1079.58	359.86	5.07	0.002
Densidad*fertilización	3	12.82	4.27	0.06	0.981
Error	242	17163.15	70.92		
Total	255				

Tabla 9. Análisis de Varianza para Altura (m)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	0.3234	0.1078	0.74	0.597
Densidad	1	0.1449	0.1449	0.99	0.393
Bloque*Densidad	3	0.4398	0.1466	0.65	0.582
Fertilización	3	2.0785	0.6928	3.09	0.028
Densidad*fertilización	3	0.1416	0.0472	0.21	0.889
Error	242	54.30022	0.2244		
Total	255				

Tabla 10. Análisis de Varianza para Tasa de Crecimiento (kg MS/ha/día)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	18533	6178	0.75	0.592
Densidad	1	4967	4967	0.60	0.495
Bloque*Densidad	3	24816	8272	4.75	0.003
Fertilización	3	80939	26980	15.48	0.000
Densidad*fertilización	3	1516	505	0.29	0.833
Error	242	421723	1743		
Total	255				