



*"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"*

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**SEDE JUIGALPA  
JOFIEL ACUÑA CRUZ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Efecto de la fertilización nitrogenada y la  
densidad de siembra sobre la producción de  
biomasa y composición química del Marango  
(Moringa oleífera) en suelo arcilloso de Juigalpa,  
Chontales, 2010**

**AUTOR:**

**Br. Christopher David Díaz López**

**ASESORES:**

**Ing. Jorge Luis Sobalvarro Mena  
Ing. Carlos José Ruiz Fonseca MSc.**

**Juigalpa, Chontales, Nicaragua  
Octubre, 2013**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

SEDE JUIGALPA  
JOFIEL ACUÑA CRUZ

## TRABAJO DE GRADUACIÓN

Efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la producción de biomasa y la composición química del Marango (*Moringa oleífera*) en suelo arcilloso de Juigalpa, Chontales, 2010

AUTOR:

Br. Christopher David Díaz López

ASESORES:

Ing. Jorge Luis Sobalvarro Mena

Ing. Carlos José Ruiz Fonseca MSc.

Sometido a la consideración del excelentísimo tribunal examinador como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Zootecnista

Juigalpa, Chontales, Nicaragua  
Octubre, 2013

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Tribunal Examinador que para tal efecto nombró el Director de la Sede Juigalpa “Jofiel Acuña Cruz”, como requisito parcial para optar al título profesional de:

## INGENIERO EN ZOOTECNIA

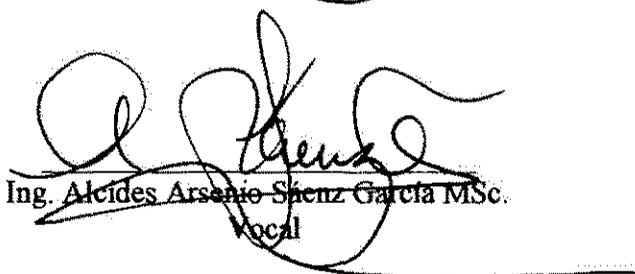
Miembros del Tribunal Examinador:



Ing. Digno Marvin Flores Reyes MSc.  
Presidente



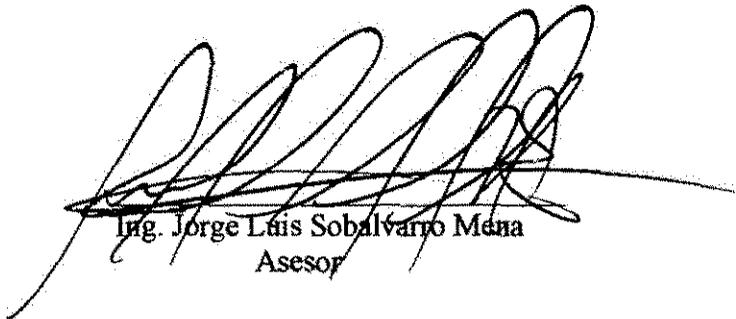
Ing. Luis Alberto Balmaceda Murillo MSc.  
Secretario



Ing. Alcides Arsenio Spenz Garcia MSc.  
Vocal



Br. Christopher David Diaz Lopez  
Sustentante



Ing. Jorge Luis Sobalvarro Mena  
Asesor



Ing. Carlos José Ruiz Fonseca MSc.  
Asesor

Juigalpa, Chontales, Sábado 19 de Octubre del año 2013

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADRO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación del área experimental	4
3.2.1 Clima	4
3.2.2 Suelo	5
3.3 Diseño metodológico	5
3.3.1 Área experimental	5
3.3.2 Diseño experimental	6
3.3.3 Análisis estadístico	7
3.3.4 Manejo del experimento	7
3.4 Variables evaluadas	10
3.4.1 Emergencia de <i>Moringa oleifera</i>	10
3.4.2 Altura de la planta	10
3.4.3 Diámetro de la copa	10
3.4.4 Rendimiento de materia fresca total	10
3.4.5 Rendimiento de materia fresca fracción fina	11
3.4.6 Rendimiento de materia fresca fracción gruesa	12
3.4.7 Rendimiento de materia seca total	12
3.4.8 Rendimiento de materia seca fracción fina	13

3.4.9	Rendimiento de materia seca fracción gruesa	13
3.4.10	Contenido de materia seca	13
3.4.11	Contenido de cenizas	14
3.4.12	Contenido de proteína cruda	14
3.4.13	Contenido de fibra detergente neutra	14
3.4.14	Contenido de fibra detergente acida	15
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1	Emergencia de <i>Moringa oleífera</i>	16
4.2	Altura de la planta	17
4.3	Diámetro de la copa	19
4.4	Rendimiento de materia fresca total	21
4.5	Rendimiento de materia fresca fracción fina	24
4.6	Rendimiento de materia fresca fracción gruesa	27
4.7	Rendimiento de materia seca total	29
4.8	Rendimiento de materia seca fracción fina	32
4.9	Rendimiento de materia seca fracción gruesa	33
4.10	Contenido de materia seca	35
4.11	Contenido de cenizas	37
4.12	Contenido de proteína cruda	38
4.13	Contenido de fibra detergente neutra	40
4.14	Contenido de fibra detergente acida	42
V.	CONCLUSIONES	44
VI.	RECOMENDACIONES	45
VII.	BIBLIOGRAFÍA	46
VIII.	ANEXOS	50

## DEDICATORIA

Mi trabajo de Graduación va dedicado a:

Dios todo poderoso: Por haberme dado la oportunidad de venir al mundo, culminar mis estudios y caminar conmigo de la mano en los momentos difíciles, que la capacidad humana ya no alcanza.

Mis Padres: Marvin David Díaz Jarquín y Clementina del Socorro López por traerme al mundo, inculcarme valores morales, inducirme a lo correcto, estar conmigo siempre, por haber sacrificado su vida para mi educación, que con su amor y comprensión durante todos los años de estudio me impulsaron a seguir adelante siendo mis guías e inspiración.

Mi Hermano: Hendrix Steven Díaz López por haberme apoyado siempre y por ser excelente hermano.

Christopher David Díaz López.

## AGRADECIMIENTO

Infinitamente le doy gracias a:

Dios: Por permitirme realizar mis metas, sueños y por haberme dado la oportunidad de culminar mi carrera con éxito.

Mis Padres: Por ser mi inspiración, por su apoyo moral, espiritual, económico e incondicional.

Mi tutor: Ing. Jorge Sobalvarro Mena, en especial por guiarme paso a paso, por su infinita paciencia y ayuda en este trabajo, por sus consejos y por confiar en mi persona.

Mi Cotutor: Ing. Carlos José Ruiz Fonseca Msc, por su importante ayuda, dedicación y apoyo que me brindo a culminar exitosamente mi trabajo de investigación.

Personal docente de la UNA Sede – Juigalpa, Chontales: Que durante los años de estudio me forjaron y prepararon con conocimientos esenciales para la realización de este trabajo.

Mi compañeros de clase : Westing Alexei Matus, Carla Patricia Téllez y Grezia Lazo que me brindaron su ayuda en la parte experimental de campo de esta investigación.

La Universidad Nacional Agraria, a la Lic. Nelly Acuña: Por su incondicional ayuda en el transcurso de mi carrera universitaria.

Pueblo y gobierno de Suecia: Por el apoyo financiero para la realización de este trabajo, a través de SAREC/ASDI con fondos concursables PACI y el apoyo parcial de los productores Ing. Rafael Martínez Rayo y Lic. Cesar David Cruz Villavicencio.

Christopher David Díaz López.

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Análisis químico del suelo en muestras a 2 profundidades	5
2. Análisis físico del suelo en muestras a 2 profundidades	5
3. Descripción de los tratamientos	6
4. Emergencia de <i>Moringa oleífera</i> , por nivel de fertilización, densidad de siembra y bloque	16

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Comportamiento de las precipitaciones durante el experimento y comparación con norma histórica (INETER, 2011).	4
2. Aplicación de herbicida.	7
3. Labranza mínima con rayado de surcos utilizando herramientas manuales.	8
4. Siembra directo al suelo con espeque.	8
5. Limpieza del ensayo.	9
6. Medición de la altura de la planta de <i>Moringa oleífera</i> .	10
7. Material fresco fracción fina de <i>Moringa oleífera</i> .	11
8. Material fresco fracción gruesa de <i>Moringa oleífera</i> .	12
9. Germinación de <i>Moringa oleífera</i> .	16
10. Emergencia de <i>Moringa oleífera</i> según nivel de fertilización nitrogenada, densidad de siembra y bloque.	16
11. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la altura (cm) de <i>Moringa oleífera</i> .	17
12. Efecto de diferentes densidades de siembra sobre la altura (cm) de <i>Moringa oleífera</i> .	19
13. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el diámetro de la copa (cm) de <i>Moringa oleífera</i> .	20
14. Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el diámetro de la copa (cm) de <i>Moringa oleífera</i> .	20
15. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia fresca total (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleífera</i> .	21
16. Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia fresca total (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleífera</i> .	23
17. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia fresca fracción fina (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleífera</i> .	25
18. Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia fresca fracción fina (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleífera</i> .	26

19.	Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia fresca fracción gruesa (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleifera</i> .	27
20.	Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia fresca fracción gruesa (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleifera</i> .	28
21.	Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca total (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleifera</i> .	29
22.	Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia seca total (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleifera</i> .	31
23.	Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca fracción fina (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleifera</i> .	32
24.	Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de Materia seca fracción fina ( kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleifera</i> .	33
25.	Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca fracción gruesa (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleifera</i> .	34
26.	Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia seca fracción gruesa (kg ha corte <sup>-1</sup> ) de <i>Moringa oleifera</i> .	35
27.	Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de materia seca (% MS) de <i>Moringa oleifera</i> .	36
28.	Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de materia seca (% MS) de <i>Moringa oleifera</i> .	36
29.	Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de cenizas (% CNZ) de <i>Moringa oleifera</i> .	37
30.	Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de cenizas (% CNZ) de <i>Moringa oleifera</i> .	38
31.	Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína cruda (% PC) de <i>Moringa oleifera</i> .	39
32.	Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de proteína cruda (% PC) de <i>Moringa oleifera</i> .	40
33.	Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de fibra detergente neutra (% FDN) de <i>Moringa oleifera</i> .	41

34.	Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de fibra detergente neutra (% FDN) de <i>Moringa oleifera</i> .	41
35.	Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de fibra detergente acida (% FDA) de <i>Moringa oleifera</i> .	42
36.	Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de fibra detergente acida (% FDA) de <i>Moringa oleifera</i> .	43

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo del área experimental	51
2. Datos de presupuesto parcial	52
3. Presupuesto parcial	53

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la producción de biomasa y la composición química del Marango (*Moringa oleifera*) en 1 corte a 90 días en período de establecimiento, en suelo arcilloso de Juigalpa, Chontales. El ensayo se llevó a cabo en la hacienda "San Esteban", localizada geográficamente a 12°07'26.80" latitud Norte y 85°27'13.93" longitud Oeste, municipio de Juigalpa, Chontales, de agosto a diciembre 2010. El diseño experimental usado fue un bifactorial con 3 niveles de fertilización nitrogenada (T1- 0 kg N ha<sup>-1</sup>, T2-100 kg N ha<sup>-1</sup> y T3- 150 kg N ha<sup>-1</sup>), como factor principal y 2 densidades de siembra (D1- 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> y D2- 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>), como factor secundario en bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas usando los niveles de fertilización nitrogenada como parcela principal y las densidades de siembra como sub parcela. Se realizó análisis de varianza y comparación de media con la prueba de Tukey, utilizando el Software Statical Analisis System versión 8, 2001. La fertilización nitrogenada mostró efectos significativos ( $p < 0.05$ ) sobre: altura de planta, diámetro de copa, emergencia de plántula, rendimiento de biomasa fresca y seca: total, fracción fina y fracción gruesa de *Moringa oleifera*, siendo menor en T1 y superior en T3, que no mostró diferencias estadísticas con T2; la densidad de siembra no mostró efectos significativos ( $p < 0.05$ ) en dichas variables, aunque numéricamente los valores superiores los mostró D1. En las variables de composición química, mostraron efectos significativos tanto fertilización nitrogenada como densidad de siembra, el contenido de materia seca mostró valores similares tanto en fertilización nitrogenada como en densidad de siembra; los contenidos de cenizas y proteína cruda mostraron menores valores en dosis de fertilización nitrogenada de 100 y 150 kg N ha<sup>-1</sup> con respecto al tratamiento de 0 kg N ha<sup>-1</sup> y en la densidad menor correspondiente a 200,000 plantas ha<sup>-1</sup>; los contenidos de fibra detergente neutro y fibra detergente ácida mostraron superior valor en dosis mayores de nitrógeno y en la densidad menor.

Palabras claves: *Moringa oleifera*, rendimiento de biomasa, fertilización nitrogenada.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of nitrogen fertilization and plant density on biomass production and chemical composition of Moringa (*Moringa oleifera*) in one cut to 90 days, in establishment period in clay soil of Juigalpa, Chontales. The test was carried out on the farm "San Esteban" geographically located at 12 ° 07'26 .80 "North Latitude and 85 ° 27'13 .93" West Longitude, municipality Juigalpa, Chontales, from August to December 2010. The experimental design was a two-factor with 3 levels of nitrogen fertilization (T1-0 kg N ha<sup>-1</sup>, T2-100 kg N ha<sup>-1</sup> and T3-150 kg N ha<sup>-1</sup>) as the main factor and 2 densities (D1, 200,000 plants ha<sup>-1</sup> and D2- 250,000 plants ha<sup>-1</sup>), as a secondary factor in a randomized complete block split plot arrangement using nitrogen fertilization levels as main plots and planting densities as sub plot. Analysis of variance and mean comparison with Tukey's test was performed using the Statal Software Analysis System version 8, 2001. The nitrogen fertilization showed significant effects ( $p < 0.05$ ). Plant height, crown diameter, seedling emergence, yield of fresh and dry biomass: total fine fraction and coarse fraction of *Moringa oleifera*, being lower in T1 and higher in T3, which showed no statistical difference with T2; planting density showed no significant effect ( $p < 0.05$ ) in these variables, although numerically higher values of D1 showed. In the chemistry variables showed significant effects of both nitrogen fertilization and planting density, the dry matter content they showed similar values in both nitrogen fertilization and planting density; ash content and crude protein values showed lower nitrogen rates of 100 and 150 kg N ha<sup>-1</sup> treatment compared to 0 kg N ha<sup>-1</sup> and lower density corresponding to 200,000 plants ha<sup>-1</sup>; content of neutral detergent fiber and acid detergent fiber showed higher value at higher doses of nitrogen and the lowest density.

**Keywords:** *Moringa oleifera*, biomass yield, nitrogen fertilization

## I. INTRODUCCION

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 (Arauz y Romero, 2009).

Durante la época seca, el ganado bovino experimenta una reducción drástica en sus niveles productivos (carne y leche), causada principalmente por la marcada estacionalidad de la producción de pastos y forrajes (tanto en cantidad como en calidad). 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; (Arauz y Romero, 2009).

Algunos efectos de la escasez de forraje de calidad son: disminución del peso y reducción en la producción de leche, 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.

Zamora *et al.*, (2001), 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. En este sentido, los sistemas silvopastoriles 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 (Arauz y Romero, 2009).

Moroto *et al.*, (2000), Entre sus características agronómicas se encuentran su rápido crecimiento en el establecimiento alcanzando, hasta 2 m a los 8 meses de establecido, una elevada resistencia a la sequía, favorable respuesta en suelos ácidos y alcalinos, una elevada producción de biomasa (300g MS plantas ha<sup>-1</sup>, 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, 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<sup>-1</sup> bajando en un 57.8% para el siguiente año, está relacionado con la extracción de nutrientes que la planta hace del suelo (Reyes, 2004; Foidl *et al.*, 1999).

Foidl *et al.*, (1999) describe que las densidades de siembra influyen en los rendimientos de material vegetativo, 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 vegetativo.

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. Dado que el Marango puede generar altas cantidades de biomasa hay que mantener en mente que una alta productividad implica una alta extracción de nutrientes del suelo y con el fin de mantener producción estable en el tiempo se hace necesario un programa de fertilización (Arauz y Romero, 2009).

A altas densidades de plantas se da una mayor extracción de nutrientes y por consiguiente una reducción en los rendimientos de un año a otro, lo antes mencionado nos lleva a definir la importancia que tiene este trabajo de investigación, la que se centra en brindar mayor información sobre el efecto que ejerce la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de biomasa y la densidad de siembra 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

1. Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la producción de biomasa y la composición química del marango (*Moringa oleifera*) establecido en suelo arcilloso de la hacienda San Esteban Juigalpa, Chontales, 2010

### 2.2. Específicos

1. Determinar el efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la emergencia, altura y diámetro de la copa de *Moringa oleifera*, establecido en suelo arcilloso de Juigalpa, Chontales.
2. Determinar el efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre el rendimiento de materia fresca total, rendimiento de materia fresca fracción fina, rendimiento de materia fresca fracción gruesa, rendimiento de materia seca total, rendimiento de materia seca fracción fina y rendimiento de materia seca fracción gruesa de *Moringa oleifera* establecido en suelo arcilloso de Juigalpa, Chontales.
3. Determinar el efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la composición química, expresada en: contenido de materia seca (% MS), contenido de minerales totales (% cenizas), contenido de proteína cruda (% PC), contenido de Fibra Detergente Neutra (% FDN) y contenido de Fibra Detergente Acida (% FDA) de *Moringa oleifera*, establecido en suelo arcilloso de Juigalpa, Chontales.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del área experimental

La fase experimental de campo de esta investigación se realizó durante el periodo de agosto a diciembre del año 2010, en la Hacienda San Esteban propiedad del Ingeniero Rafael Martínez, ubicada en el kilómetro 128 contiguo a Matadero Central S.A MACESA, carretera Managua-Juigalpa en las coordenadas 12°07'26.80" latitud Norte y 85°27'13.93" longitud Oeste, a una altitud de 103 m.s.n.m. (INETER, 2010).

#### 3.2. Condiciones edafoclimáticas

##### 3.2.1. Clima

Las condiciones climáticas del área experimental corresponden a una zona de vida ecológica de bosque tropical seco, con una precipitación media anual de 1600 mm año<sup>-1</sup> y una temperatura media anual de 28°C y humedad relativa del 75% (INETER, 2010).

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 (INETER, 2010) (Figura 1).

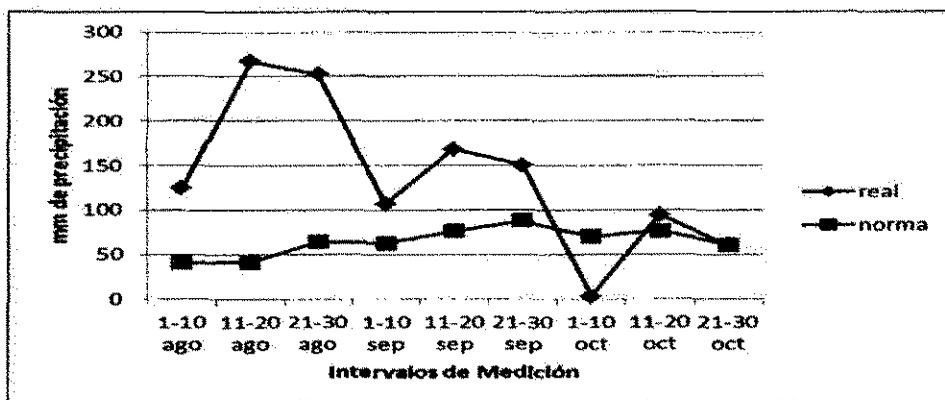


Figura 1. Comportamiento de las precipitaciones durante el período experimental y comparación con norma histórica (INETER, 2011).

### 3.2.2. Suelo

Antes de establecer el ensayo, se tomaron muestras de suelo a 20cm y 40cm de profundidad para realizarles un análisis físico- químico (Cuadros 1 y 2).

**Cuadro 1.** Análisis químico del suelo en muestras a 2 profundidades

Muestra	PH	N	K disp.(pp m)	Ca (meq/1 00g suelo	Mg (meq/10 0g suelo	Fe (meq/10 0g suelo	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
20cm	6.05	0.12	0.0	6.47	5.30	25.60	8.80	1.92	43.73
40cm	5.72	0.08	0.0	7.19	8.23	21.44	6.08	0.64	30.32

Laboratorio de Suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria, 2010

**Cuadro 2.** Análisis físico del suelo en muestras a 2 profundidades

Muestra	%Arcilla	%Limo	%Arena	Textura
20cm	51.4	26.8	21.8	Arcilla
40cm	49.4	22.8	27.8	Arcilla

Laboratorio de suelos y agua, Universidad Nacional Agraria, 2010

### 3.3. Diseño Metodológico

#### 3.3.1. Área experimental

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 tres bloques perpendiculares a la pendiente, cada bloque con 3 parcelas grandes y 2 sub parcelas dentro de cada parcela grande con 2 repeticiones usando los niveles de fertilización nitrogenada como parcela grande y las densidades de siembra como sub parcelas, de esta manera resulto en total 18 sub parcelas experimentales, las cuales estaban debidamente identificadas (por bloque, niveles de fertilización nitrogenada y densidades de siembra) con rotulo metálico.

El área de cada parcela experimental fue de 18m<sup>2</sup> (6m\*3m), al eliminar el efecto de borde de la parcela se obtuvo un área útil de 10 m<sup>2</sup> (5 m \* 2 m), con una distancia entre parcelas de 1m, distancia entre bloques de 2m. Se hizo una ronda de 2m alrededor de toda el área experimental para evitar la competencia entre parcelas, para facilitar el manejo del ensayo y sus labores agronómicas. El área total del ensayo fue de 324m<sup>2</sup>.

A partir de las densidades establecidas se procedió a calcular las plantas por parcelas y basado en eso se realizó una resiembra en septiembre del 2010.

### 3.3.2. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue parcelas divididas con arreglo de bloques completos al azar, con 3 niveles de fertilización nitrogenada(0 kg N ha<sup>-1</sup>, 100 kg N ha<sup>-1</sup> y 150 kg N ha<sup>-1</sup>) y 2 densidades de siembra (200,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>). Se realizó una doble azarización, utilizando la tabla de los números aleatorios, primero los niveles de fertilización nitrogenada fueron azarizados en las parcelas principales, posteriormente las densidades de siembra en las sub parcelas, generando 6 combinaciones de tratamientos (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Niveles de fertilización nitrogenada (kg N ha <sup>-1</sup> )	Densidades de siembra (plantas ha <sup>-1</sup> )
1	0	200,000
2	100	250,000
3	150	200,000
4	0	250,000
5	100	200,000
6	150	250,000

### 3.3.3. Análisis estadístico

Todos los datos fueron analizados en el Software Statal Análisis System versión 8, 2001. Se realizó comparación de media con la prueba de Tukey, 1,999 y análisis de varianza mediante el siguiente modelo aditivo lineal (MAL).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \beta * \tau + \delta_k + \tau * \delta + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y: resultado producto de los efectos aditivos de las fuentes de variación del modelo aditivo lineal  $\mu$ : media general  $\beta$ : efecto del i-ésimo bloque  $\tau$ : efecto del j-ésimo tratamiento (nivel de fertilización)  $\delta$ : efecto del k-ésima densidad de siembra

$B * \tau$ : efecto de la interacción bloque por tratamiento (error a)  $\tau * \delta$ : efecto de la interacción tratamiento por densidad  $\varepsilon_{ijk}$ : error experimental

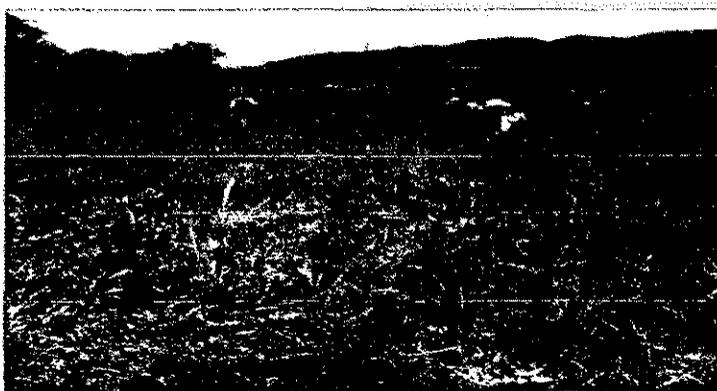
$i = 1, 2, 3$  bloques  $j = 1, 2, 3$  niveles de fertilización

$k = 1, 2$  densidades de siembra

### 3.3.4. Manejo del experimento

#### *Preparación del suelo*

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. En el área seleccionada, se aplicó glifosato a dosis de 1.5 cc<sup>-1</sup> litro de agua (360 cc<sup>-1</sup> ha), segado manual con machete, labranza mínima únicamente con rayado de surcos utilizando herramientas manuales (Figuras 2 y 3).



**Figura 2.** Aplicación de herbicida



**Figura 3.** Labranza mínima con rayado de surcos utilizando herramientas manuales.

### ***Siembra***

La siembra se realizó manualmente con semilla botánica proveniente de árboles establecidos en la Facultad de Ciencia Animal de la UNA, sede Managua, sembrando una semilla por golpe. El método de siembra que se utilizó fue laboreo convencional, dejando una distancia entre surcos de 30 cm y entre golpe de 15.0 cm y 13.3 cm utilizándose dos densidades de siembra: 1) 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 2) 250,000 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 4).



**Figura 4.** Siembra directo al suelo con espeque

### ***Limpieza del ensayo***

La limpieza del ensayo se llevó a cabo de forma manual, la primera limpieza se realizó a los 30 días después de la emergencia, esto como método de prevención contra posibles ataques de plantas indeseables que impedirían y afectarían la emergencia de las plántulas de Marango, para

ello se utilizaron machetes, piochas, azadones, rastrillos, carretillas y sacos. Posteriormente se realizaron limpiezas cada 15 días durante todo el ensayo (Figura 5).



**Figura 5.** Limpieza del ensayo

### ***Fertilización química***

Durante la siembra se aplicó fertilización directa al suelo (urea 46% N, fórmula 46N-0P-0K), para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo, se utilizó como fertilizante químico, Completo la fórmula 15N-15P-15K.

### ***Corte***

El corte del área experimental se realizó el 12 de diciembre del 2010 a una altura de 30cm del suelo a los 90 días de establecimiento.

### 3.4. Variables evaluadas

#### 3.4.1. Emergencia de *Moringa oleifera*

Esta variable determina la calidad de la semilla y la adaptación de la planta, se midió mediante el conteo de plántulas emergidas después de la siembra por cada una de las sub parcelas por nivel de fertilización nitrogenada, densidad de siembra y bloque.

#### 3.4.2. Altura de la planta

Para estimar la altura de la planta se seleccionaban 7 plantas distintas al azar de cada sub parcela y se medían con intervalo de 15 días, con una cinta métrica desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama apical, utilizando el método del m<sup>2</sup> (Figura 6).



Figura 6. Medición de la altura de la planta de *Moringa oleifera*

#### 3.4.3. Diámetro de la copa

Para estimar el diámetro de la copa se seleccionaban 7 plantas distintas al azar de cada sub parcela y se medían con intervalo de 15 días, con una cinta métrica el largo y ancho de las hojas, utilizando el método del m<sup>2</sup>.

#### 3.4.4. Rendimiento de materia fresca total (RMFT)

Para obtener el rendimiento de materia fresca total kg ha corte<sup>-1</sup> se efectuó el corte de material vegetativo de cada parcela útil a una altura de 30cm del suelo. Se pesó todo lo colectado y se registró para estimar la producción de Materia Fresca Total usando la fórmula que se detalla a continuación.

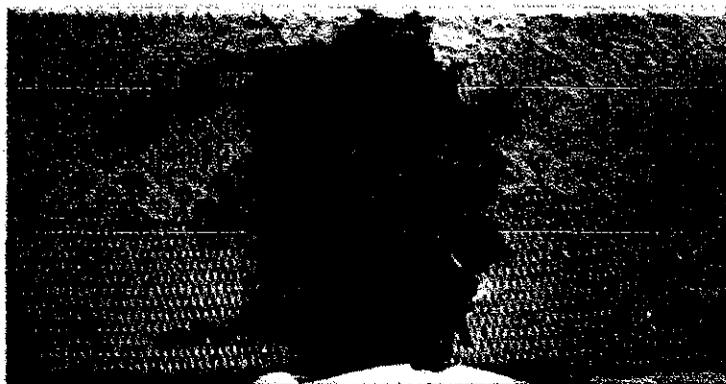
$$\text{RMFT} = \frac{\text{RMFT (kg)} \times 10,000 \text{ m}^2}{10\text{m}^2}$$

### 3.4.5. Rendimiento de materia fresca fracción fina (RMFFF)

La porción fracción fina corresponde a la parte del follaje cortado compuesta principalmente por hojas, peciolas y tallos finos con diámetros menores a 5 mm (Figura 7), constituyendo esto la parte de mayor interés forrajero (Mármol, 1994).

Una vez que se obtuvo el material total de cada parcela, se seleccionó la fracción fina de forma manual. Se procedió a pesar para calcular el rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina. Posteriormente se tomó una muestra de 1000 g, se registró el dato y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$RMFFF = \frac{R \text{ MFFF (kg)} \times 10,000 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2}$$



**Figura 7.** Material fresco fracción fina de *Moringa oleifera*.

### 3.4.6. Rendimiento de materia fresca fracción gruesa (RMFFG)

Es fracción gruesa, la porción de la planta que posee un tallo mayor de 5mm de grosor.

Al cortar el material vegetativo de cada parcela, se seleccionó de forma manual las plantas con tallos mayores de 5mm de grosor, desojándolas, para luego ser pesadas y ser registrada para el cálculo de RMFFG (Figura 8). Se tomó una muestra de 1000 g que fue llevada al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional Agraria para posteriores análisis se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{RMFFG} = \frac{\text{RMFFG (kg)} \times 10000 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2}$$

$$10 \text{ m}^2$$



Figura 8. Material fresco fracción gruesa de *Moringa oleifera*

### 3.4.7. Rendimiento de materia seca total (RMST)

El rendimiento de materia seca total se determinó a partir del rendimiento de materia fresca total y el porcentaje de materia seca mediante la siguiente ecuación:

$$\text{RMST} = \frac{\text{RMFT (kg)} \times (\% \text{ de MS})}{100}$$

$$100$$

#### **3.4.8. Rendimiento de materia seca fracción fina (RMSFF)**

Se obtuvo a partir, del rendimiento de materia fresca fracción fina y el contenido de materia seca, a través de la siguiente ecuación:

$$\text{RMSFF} = \frac{\text{RMFFF (kg)} \times (\% \text{ de MS})}{100}$$

100

#### **3.4.9. Rendimiento de materia seca fracción gruesa (RMSFG)**

Se obtuvo a partir, del rendimiento de materia fresca fracción gruesa y el contenido de materia seca, a través de la siguiente ecuación:

$$\text{RMSFG} = \frac{\text{RMFFG (kg)} \times (\% \text{ MS})}{100}$$

100

#### **3.4.10. Contenido de materia seca (%MS)**

Una vez que se cosecho, peso y registro la materia fresca de cada sub parcela una muestra de 1000 g de la biomasa del material, se tomó para determinar el contenido de materia seca. La muestra fue llevada al Laboratorio de Bromatología de la UNA donde fue secada en un horno de circulación forzada de aire a 60°C durante 48 horas, posteriormente el material se pesó, se molió y se almaceno en un frasco de vidrio debidamente identificado, del material molido se tomó una muestra de 5 g y se colocó en un horno a 105°C durante 4 horas para calcularle humedad residual y estimar materia seca mediante la siguiente ecuación:

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

Peso inicial de la muestra (g)

$$\text{Contenido de materia seca (\%)} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

#### **3.4.11. Contenido de cenizas (% CNZ)**

La determinación se realizó tomando una muestra de 1g (muestra que estuvo en el horno por 48 horas a 60°C), la que se colocó en un crisol de porcelana, se incinero en un mechero durante 5 minutos aproximadamente, luego fue introducida en una mufla a temperatura de 550°C durante 2 a 4 horas, después de este lapso de tiempo se sacó y se colocó en los enfriadores por 10 minutos posteriormente se tomó el peso.

Con los datos obtenidos se procedió a realizar el cálculo del % de ceniza a través de la siguiente fórmula:

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

#### **3.4.12. Contenido de proteína cruda (% PC)**

Por su costo es este el nutriente más importante en la dieta en una operación comercial; su adecuada evaluación permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos o del alimento que se está suministrando. Su análisis se efectúa mediante el método de Kjeldahl, mismo que evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio o selenio.

#### **3.4.13. Contenido de fibra detergente neutra (%FDN)**

La fibra detergente neutra comprende la fracción que contiene los componentes de la pared celular.

##### **Método de Van Soest:**

La determinación consiste en hervir con un detergente neutro a reflujo, la muestra de forraje (previamente secada a 60°C), obteniéndose un residuo insoluble, compuesto principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina.

Los valores obtenidos por este método son generalmente superiores a los obtenidos mediante el método de análisis de fibra cruda.

#### **3.4.14. Contenido de fibra detergente acida (% FDA)**

La Fibra Detergente Acida es la porción de la muestra de alimento que es insoluble en un detergente ácido.

##### **Método de Van Soest:**

En este procedimiento, la muestra de forraje es sometida a reflujo con una solución detergente en medio ácido, la cual disuelve todo el contenido celular más la hemicelulosa. El residuo insoluble está compuesto principalmente por celulosa y lignina. Si restamos el porcentaje de FDN menos el porcentaje de FDA, obtenemos por diferencia el contenido de hemicelulosa de la muestra analizada.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Emergencia de *Moringa oleifera*

La emergencia de las plántulas de *Moringa oleifera* ocurrió a los 3 tres días de la etapa de establecimiento. Hasta los 30 días posteriores a la siembra se obtuvo un porcentaje de germinación de 86 % (Figura 9).



Figura 9. Germinación de *Moringa oleifera*

Cuadro 4. Emergencia de *Moringa oleifera*, por nivel de fertilización, densidad de siembra y bloque.

	T1	T2	T3	D1	D2	B1	B2	B3	Promedio
% Emergencia	63.3	75.9	76.3	86.1	57.1	73.1	83.2	58.9	71.7



Figura 10. Emergencia de *Moringa oleifera* según nivel de fertilización nitrogenada, densidad de siembra y bloque.

La emergencia de *Moringa oleifera* se llevó a cabo contando todas las semillas sembradas que emergieron en cada sub parcela experimental, de esta manera se calculó un promedio por bloque, nivel de fertilización nitrogenada y densidad de siembra.

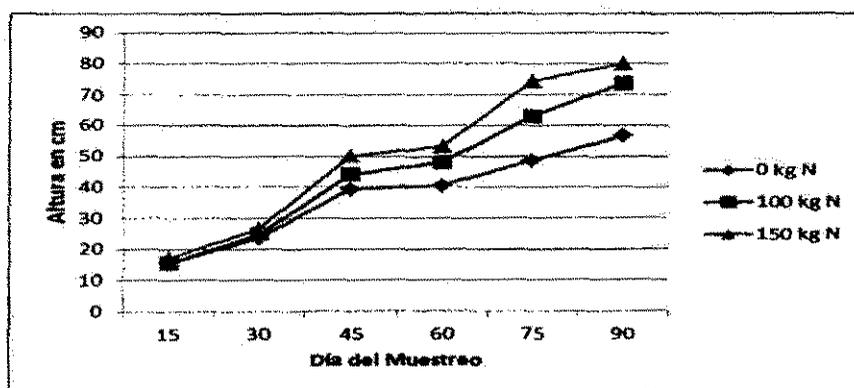
#### 4.2. Altura de la planta

La altura de la planta, es un componente del rendimiento que permite conocer cuándo puede ser cosechada la planta (Mishra *et al.*, 1991). La altura de la planta, es un parámetro que nos permite medir el crecimiento del cultivo Reyes (1990), señala que este puede verse afectado por la acción de 4 factores fundamentales: luz, calor, humedad y nutrientes.

*Moringa oleifera* 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 (Foidl *et al.*, 1999).

En el análisis de varianza los niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre la altura de la planta.

Se encontró efecto significativo ( $P < 0.05$ ) de los niveles de fertilización nitrogenada sobre la altura de la planta a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días, al comparar las medias, con la prueba de Tukey, se encontró que la mayor altura 80 cm, se obtuvo con 150 kg N ha<sup>-1</sup> a los 90 días, el que no difiere estadísticamente del nivel 100 kg N ha<sup>-1</sup> (75 cm), este último no difiere significativamente del nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> (58 cm), existiendo nominalmente una diferencia de 22 cm entre los niveles de fertilización nitrogenada 0 kg N ha<sup>-1</sup> y 150 kg N ha<sup>-1</sup> y 17 cm entre los niveles de fertilización nitrogenada 0 kg N ha<sup>-1</sup> y 150 kg N ha<sup>-1</sup> (Figura 11).



**Figura 11.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la altura (cm) de *Moringa oleifera*.

Los resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Arauz y Romero (2009), Espinoza y Sevilla (2010), quienes encontraron alturas superiores utilizando niveles de fertilización nitrogenada superiores a los 447.12 kg N ha<sup>-1</sup>, en cortes cada 45 días con alturas de 139 cm y 133 cm para niveles de fertilización nitrogenada 100% (894.24 kg N ha año<sup>-1</sup>) y 150% (1,341.36 kg N ha año<sup>-1</sup>) respectivamente.

La fertilización afecta positivamente la altura, incrementando sustancialmente el rendimiento de Materia Fresca Total, Materia Fresca Fracción Fina y Materia Fresca Fracción Gruesa, lo anterior se debe a la compensación de nutrientes extraídos por las plantas para la producción de material vegetativo aportado por la fertilización. A medida que suplimos las necesidades nutritivas de las plantas los rendimientos son mayores (Arauz y Romero, 2009).

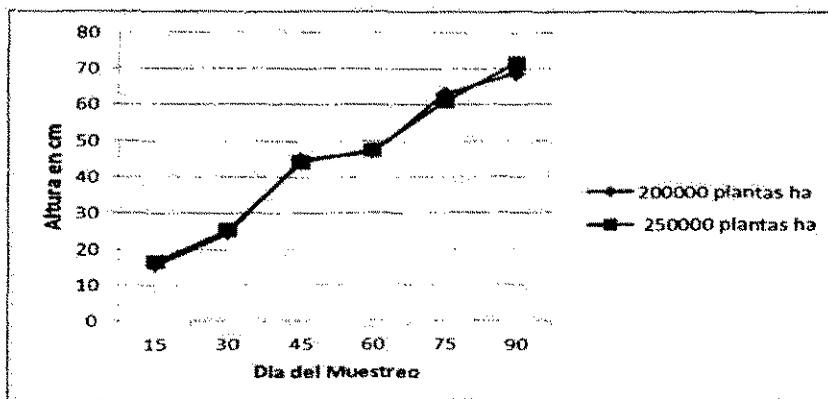
Por otro lado Derumo y Adeosum (1985), concluyeron que la mayor altura, implica mayor área foliar residual después de cada cosecha, lo cual permite que la planta, se recupere y tenga mayor capacidad de fotosíntesis.

El rápido desarrollo de *Moringa oleífera*, es una particularidad de la especie. Al respecto Toral (2005), citado por Medina *et al.*, (2007), observo el mismo comportamiento al evaluar el establecimiento en campo de 67 especies de arbóreas forrajeras, donde *Moringa oleífera* supero en cuanto a rapidez de establecimiento al resto, incluyendo *Leucaena leucocephala*, al alcanzar a los siete meses la altura de explotación (200 cm).

Si se aumentan los niveles de fertilización nitrogenada, el rendimiento del cultivo será mayor, sin embargo estos resultados fueron menores a los de Arauz y Romero (2009), Espinoza y Sevilla (2010), debido a las variaciones climatológicas (precipitaciones atípicas, suelo arcilloso con escasez de nitrógeno y potasio a las que se estuvo expuesto durante el manejo del experimento, en las cuales las plantas no extrajeron todos los elementos necesarios para la nutrición de las mismas, por consecuente una disminución en el rendimiento del material vegetativo (Figura 1).

En el análisis de varianza las densidades de siembra y sus interacciones no tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) sobre la altura de la planta.

En la comparación de medias con la prueba de Tukey la densidad de siembra de 200,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  mostro el mejor comportamiento en altura, con 73 cm, superando a la densidad de 250,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  la que obtuvo una altura de 70 cm (Figura 11). Estos resultados son menores a los encontrados por Espinoza y Sevilla (2010), quienes obtuvieron alturas de 119 y 124 cm para las densidades de siembra de 100,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y 166,666 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente.



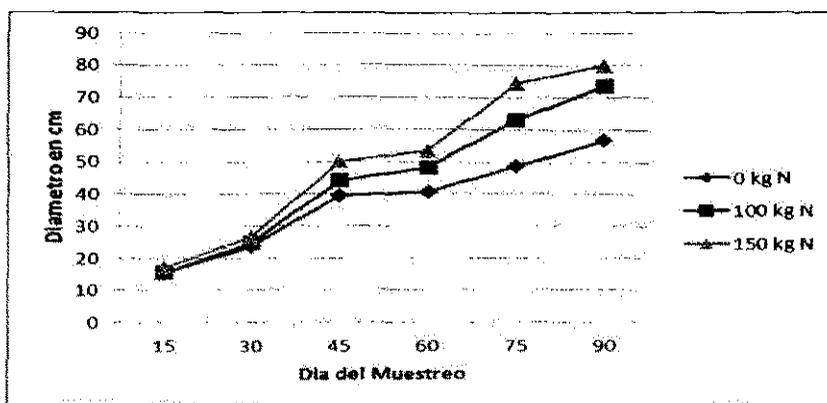
**Figura 12.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre la altura (cm) de *Moringa oleifera*

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 (Ivory, 1990).

#### 4.3. Diámetro de la copa

En el ANDEVA los niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el Diámetro de la copa.

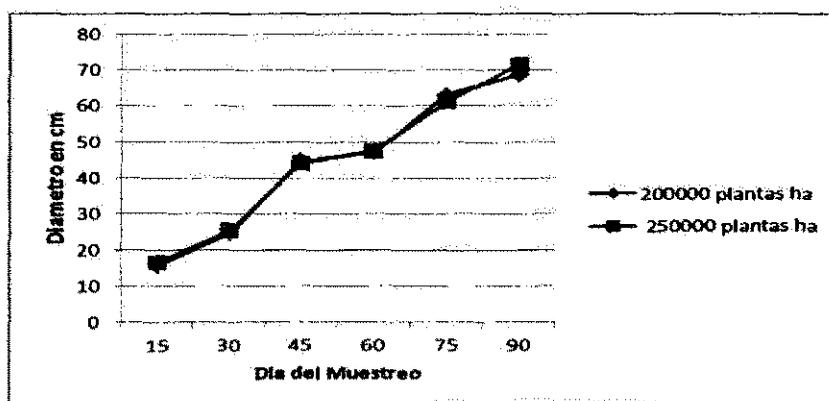
En la comparación de media con la prueba de Tukey el nivel de fertilización nitrogenada de 150  $\text{kg N ha}^{-1}$ , mostro el mejor comportamiento del diámetro de la copa con 80 cm, superando al nivel 100  $\text{kg N ha}^{-1}$ , con 75 cm y al nivel 0  $\text{kg N ha}^{-1}$  con 58 cm, existiendo nominalmente una diferencia de 22 cm entre los niveles de fertilización nitrogenada 0  $\text{kg N ha}^{-1}$  y 150  $\text{kg N ha}^{-1}$  y de 5 cm entre los niveles 100  $\text{kg N ha}^{-1}$  y 150  $\text{kg N ha}^{-1}$  (Figura 13).



**Figura 13.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el diámetro de la copa (cm) de *Moringa oleífera*.

Al realizar el análisis de varianza se encontró que las densidades de siembra no tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) sobre el diámetro de la copa.

En la comparación de medias, con la prueba de Tukey la densidad de siembra de 250,000 plantas  $ha^{-1}$  mostró el mejor efecto sobre el diámetro de la copa con 72 cm, seguida de la densidad de 200,000 plantas  $ha^{-1}$ , que presentó 70 cm, como indica la figura 14.



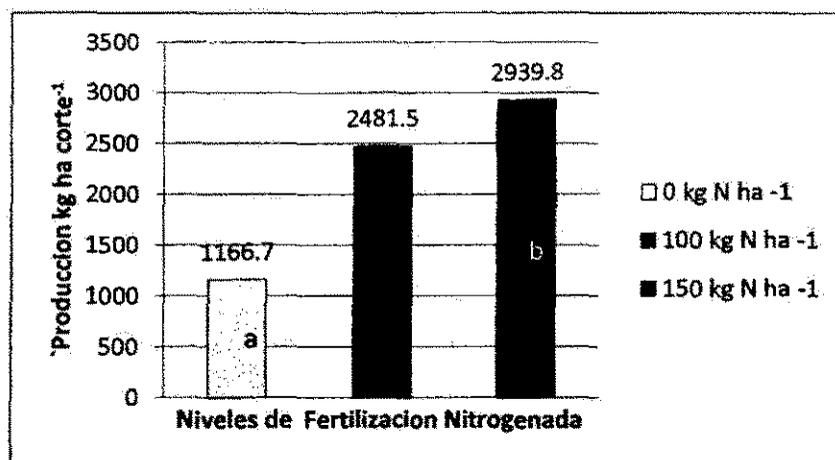
**Figura 14.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el diámetro de la copa (cm) de *Moringa oleífera*.

#### 4.4. Rendimientos de materia fresca total RMFT (kg ha corte<sup>-1</sup>)

En el ANDEVA los niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el RMFT.

La tendencia del RMFT fue incrementar desde 1,166.7 kg ha corte<sup>-1</sup> con 0 kg N ha<sup>-1</sup>, hasta 2,939.8 kg ha corte<sup>-1</sup> en el nivel de fertilización de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, en la medida que incrementaban los niveles de fertilización nitrogenada.

En la comparación de media con la prueba de Tukey para la variable Rendimiento de Materia Fresca Total, se encontró que los mayores rendimientos se obtuvieron con los niveles 100 kg N ha<sup>-1</sup> y 150 kg N ha<sup>-1</sup>, con 2,481.5 kg ha corte<sup>-1</sup> y 2,939.8 kg ha corte<sup>-1</sup> respectivamente, los cuales no difieren significativamente ( $P > 0.05$ ) entre si, pero difieren de nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> que tiene una producción de 1,166.7 kg ha corte<sup>-1</sup> (Figura 15).



**Figura 15.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia fresca total (kg ha corte<sup>-1</sup>) de *Moringa oleifera*

Se ha demostrado que el crecimiento de *Moringa oleifera*, es mayor si el suministro de nutrientes a la planta aumenta a partir de un determinado nivel, esto lo explica Pina et al, 1986 citando a David Ricardo, 1814, en la ley de los rendimientos decrecientes, “el aumento de la producción que corresponde al aumento de la dosis de fertilizante se va haciendo cada vez más pequeño, hasta que llega a un aumento que la producción no aumenta y empieza a disminuir”.

A medida que aumenta la cantidad aportada de un elemento nutritivo, disminuye el incremento del rendimiento que se consigue por cada unidad de fertilizante aportada (Fuentes 1999, citado por Arauz y Romero, 2009).

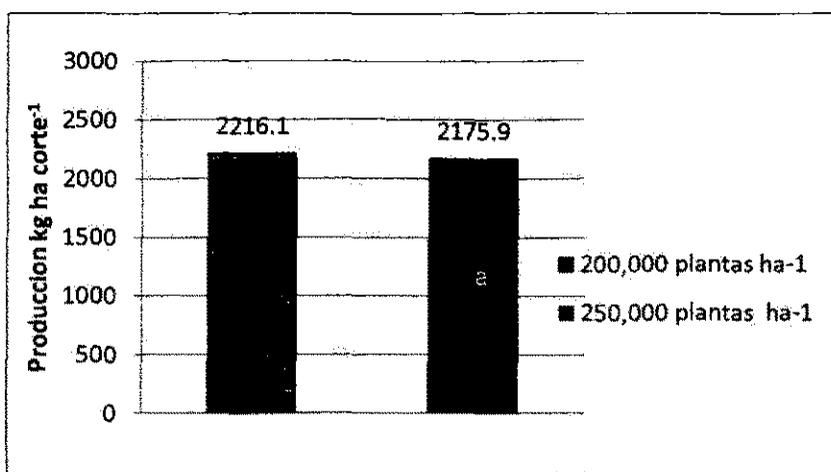
De ahí que el máximo rendimiento económico puede no coincidir con el máximo posible (fisiológico), de tal forma que si se sigue aumentando la cantidad de fertilizante aplicado después del máximo fisiológico no se obtienen aumentos ni disminuciones significativas del rendimiento (Pina *et al.*, 1986).

En el estudio efectuado por Arauz y Romero (2009), obtuvieron una producción de biomasa de 188,450 kg ha año<sup>-1</sup> con el nivel de fertilización nitrogenada 150% (1,341.36 kg N ha<sup>-1</sup>), estos resultados son mayores a los encontrados por Espinoza y Sevilla (2010), quienes trabajaron con el mismo nivel de fertilización nitrogenada y obtuvieron una producción de biomasa de 119,280 kg ha año<sup>-1</sup>.

Ambos resultados son superiores a los encontrados en este estudio con una producción de biomasa de 2,939.8 kg ha corte<sup>-1</sup> con 150 kg N ha<sup>-1</sup>, en un corte a los 90 días de establecido. Por consiguiente durante la realización de este estudio se registraron precipitaciones atípicas, con +217% en agosto-septiembre y -24.4% en octubre, de la norma histórica de precipitaciones de Juigalpa (INETER, 2011) (Figura 1).

La diferencia obtenida en la producción se debe a que, los factores climáticos (Precipitaciones atípicas) influyen sobre la asimilación de los elementos nutritivos. La falta de agua en los tejidos de la planta puede no solo afectar el crecimiento y disminuir el ritmo fotosintético, a la vez perturbar todas las reacciones bioquímicas del metabolismo, e incluso, provocar daños mecánicos en el citoplasma y muerte celular (Pérez y Martínez, 1994).

Las densidades de siembra no tuvieron efecto significativo sobre el RMFT, pero nominalmente si muestran diferencias, encontrándose producciones de 2,216.1 kg ha corte<sup>-1</sup> y 2,175.9 kg ha corte<sup>-1</sup> para las densidades de 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>, como puede observarse en la figura 16.



**Figura 16.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia fresca total (kg ha corte<sup>-1</sup>) de *Moringa oleífera*

A medida que aumenta la densidad de siembra aumenta la producción de materia fresca total. Similares experimentos con 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 resultados obtenidos son inferiores a los encontrados por Arauz y Romero (2009), quienes encontraron producciones de 129,620 kg ha año<sup>-1</sup> y 158,910 kg ha año<sup>-1</sup> para las densidades de siembra de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 166,666 plantas ha<sup>-1</sup>. Así como los encontrados por Espinoza y Sevilla (2010), quienes encontraron producciones de 50,870 kg ha año<sup>-1</sup> y 55,230 kg ha año<sup>-1</sup> para las densidades de siembra de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 166,666 plantas ha<sup>-1</sup> y las producciones mostraron una tendencia mayor, 4,360 kg ha año<sup>-1</sup>, cuando usaron la densidad de siembra de 166,666 plantas ha<sup>-1</sup>.

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

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

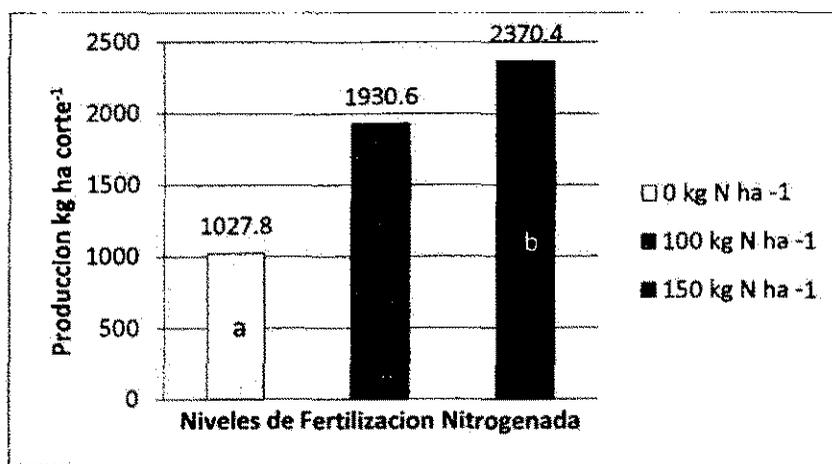
Este mismo resultado fue encontrado por Foidl *et al.*, (1999), quien asegura que las altas densidades de plantas crea una alta competencia entre las plantas vía fototropismo, incidiendo esto en pérdidas de plantas de hasta 20 a 30 % por corte, lo cual directamente produce altas pérdidas de material 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.

#### **4.5. Rendimiento de materia fresca fracción fina RMFFF (kg ha corte<sup>-1</sup>)**

En el ANDEVA los niveles de fertilización nitrogenada, tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el RMFFF.

En la comparación de media con la prueba de Tukey, se encontró que los mayores rendimientos de MFFF se obtienen con la dosis de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, que produjo 2,370.4 kg ha corte<sup>-1</sup> y con 100 kg N ha<sup>-1</sup>, con 1,930.6 kg ha corte<sup>-1</sup> respectivamente, ambos no difieren estadísticas significativas entre ellos ( $P > 0.05$ ), pero si difieren ( $P < 0.05$ ), con el tratamiento con 0 kg N ha<sup>-1</sup>, que produjo 1,027.8 kg ha corte<sup>-1</sup> de MFFF, como muestra la figura 17.

Se encontró un notable incremento de la producción con respecto a los niveles de fertilización nitrogenada, mostrando un aumento de 902.8 kg ha corte<sup>-1</sup> entre los niveles 0 kg N ha<sup>-1</sup> y 100 kg N ha<sup>-1</sup>, de 100 kg N ha<sup>-1</sup> a 150 kg N ha<sup>-1</sup> el aumento fue en menor medida, presentando una diferencia de 439.8 kg ha corte<sup>-1</sup>, aunque no es estadísticamente significativa. Por lo cual, se podrá aumentar la cantidad de fertilizante, mientras signifique un aumento en la cosecha, de manera que el rendimiento tenga un valor adicional mayor que el del fertilizante empleado.



**Figura 17.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia fresca fracción fina (kg ha corte<sup>-1</sup>) de *Moringa oleifera*

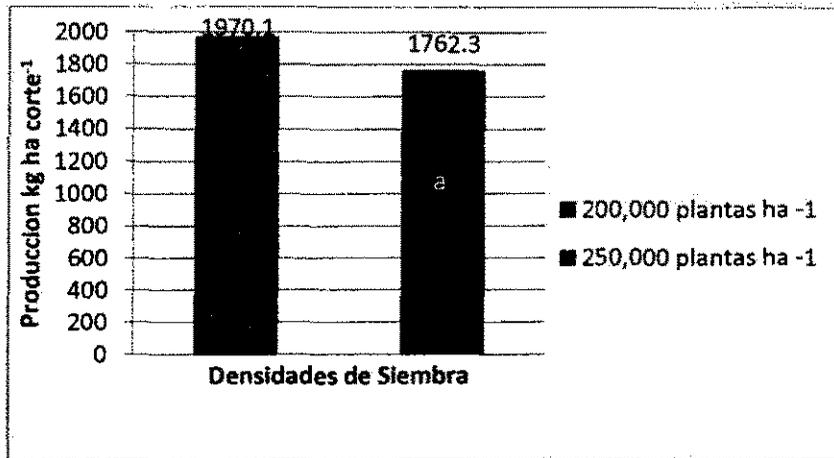
Los resultados obtenidos son inferiores a los encontrados por Arauz y Romero (2009), quienes encontraron un aumento significativo de 74,650 kg ha año<sup>-1</sup> entre los niveles 0% (0 kg N ha año<sup>-1</sup>) y 100% (894.24 kg N ha año<sup>-1</sup>) que tuvieron la misma tendencia del menor aumentó a medida que incrementaban la fertilización, en los niveles 100% (894.24 kg N ha año<sup>-1</sup>) y 150% (1,341.36 kg N ha año<sup>-1</sup>) mostrando nominalmente una diferencia de 4,790 kg ha año<sup>-1</sup>. Así como los encontrados por Espinoza y Sevilla (2010), quienes reportaron un aumento significativo de 30,460 kg ha año<sup>-1</sup> entre los niveles de 0% (0 kg N ha año<sup>-1</sup>) y 100% (894.24 kg N ha año<sup>-1</sup>) y un menor aumento a medida que incrementaban la fertilización, en los niveles 100% (894.24 kg N ha año<sup>-1</sup>) y 150% (1,341.36 kg N ha año<sup>-1</sup>) mostrando nominalmente una diferencia de 5,190 kg ha año<sup>-1</sup>.

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.

En el análisis de varianza para el RMFFF, no se encontró diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) para las densidades de siembra y sus interacciones.

En la comparación de media con la prueba de Tukey se encontró nominalmente que existe una diferencia de 207.8 kg ha corte<sup>-1</sup> entre ambas densidades de siembra, ver figura 18.

Según Argel *et al.*, (2001) e 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 18.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia fresca fracción fina (kg ha corte<sup>-1</sup>) de *Moringa oleifera*

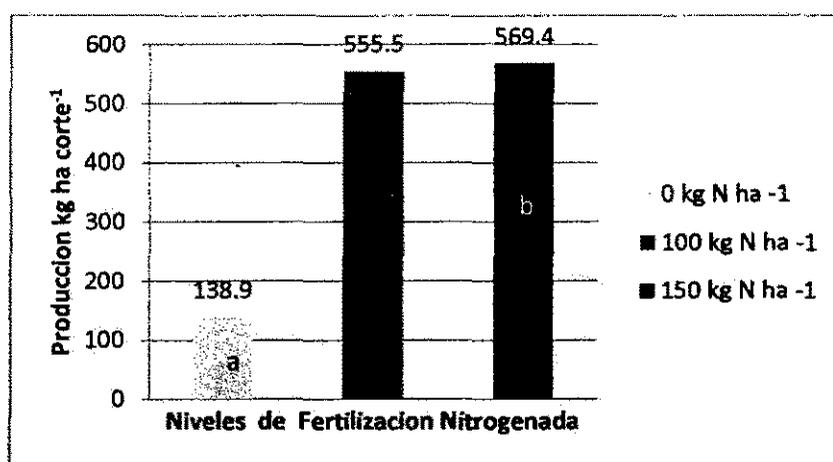
Estos resultados son inferiores a los encontrados por Arauz y Romero (2009), quienes obtuvieron producciones de 98,590 kg ha año<sup>-1</sup> y 123,430 kg ha año<sup>-1</sup> para las densidades de siembra de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 166,666 plantas ha<sup>-1</sup>. Así como los reportados por Jarquín y Jarquín, 2003, quienes obtuvieron una producción de 36,120 kg ha año<sup>-1</sup>, habiéndolo fraccionado en dos partes según las épocas del año, 28,800 kg ha año<sup>-1</sup> en época lluviosa y 7,320 kg ha año<sup>-1</sup> en época seca, para las densidades de siembra de 250,000, 500,000 y 750,000 plantas ha<sup>-1</sup>, cabe mencionar que dicho estudio fue realizado sin fertilización.

Además estos resultados difieren de los reportados por Espinoza y Sevilla (2010), quienes encontraron producciones de 46,170 kg ha año<sup>-1</sup> y 50,130 kg ha año<sup>-1</sup> para las densidades de siembra de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 166,666 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

#### 4.6. Rendimiento de materia fresca fracción gruesa RMFFG ( $\text{kg ha corte}^{-1}$ )

Al realizar el ANDEVA los niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el RMFFG.

En la comparación de media con la prueba de Tukey, se encontró que el mayor RMFFG se obtuvo con el nivel  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  con  $569.4 \text{ kg ha corte}^{-1}$  el que difiere significativamente del nivel  $0 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Es importante mencionar que aunque no hay diferencias estadísticas significativas entre los niveles  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ , nominalmente se obtuvo un incremento de  $13.9 \text{ Kg ha corte}^{-1}$ , como puede observarse en la figura 19.



**Figura 19.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia fresca fracción gruesa ( $\text{kg ha corte}^{-1}$ ) de *Moringa oleifera*

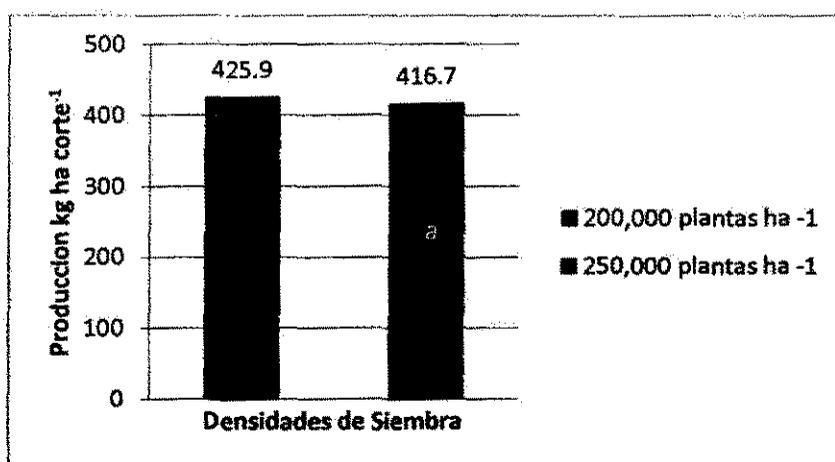
Los resultados obtenidos del RMFFG son menores a los encontrados por Arauz y Romero (2009), Espinoza y Sevilla (2010), quienes utilizaron niveles de fertilización nitrogenada superiores a los  $447.12 \text{ kg N ha año}^{-1}$  en corte cada 45 días con producciones que superan a los  $8,450 \text{ kg ha año}^{-1}$ , así como los encontrados por Flores y Duarte (2004), quienes obtuvieron  $7,450 \text{ kg ha año}^{-1}$  con frecuencia de corte cada 45 días, sin fertilización alguna.

Como se puede observar a medida que aumenta la fertilización, se incrementa la producción de Materia Fresca Total, Materia Fresca Fracción Fina, Materia Fresca Fracción Gruesa.

Los resultados de este experimento tuvieron incidencia con las condiciones atípicas de precipitación durante su realización, que presentó un desequilibrio en la distribución de las lluvias, con respecto a la norma histórica de precipitación, lo cual afectó la producción de biomasa, disminuyendo el rendimiento de *Moringa oleífera*, que puede verse en la figura 1.

En el análisis de varianza para el RMFFG no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) para las densidades de siembra y sus interacciones.

Al realizar el análisis de media con la prueba de Tukey se encontró que la mayor producción de MFFG la obtuvo la densidad de 200,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  con 425.9  $\text{kg ha corte}^{-1}$  y la menor producción la obtuvo la densidad de 250,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  con 416.7  $\text{kg ha corte}^{-1}$ , que puede observarse en la figura 20, existiendo nominalmente una diferencia de 9.2  $\text{kg ha corte}^{-1}$ .



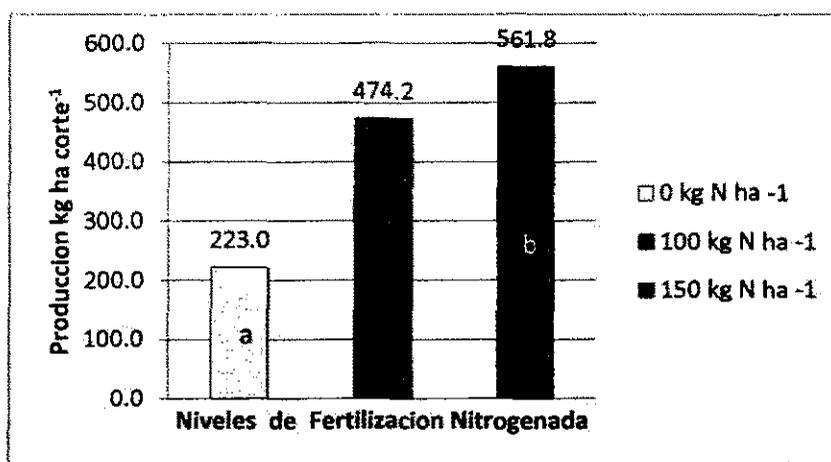
**Figura 20.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia fresca fracción gruesa ( $\text{kg ha corte}^{-1}$ ) de *Moringa oleífera*

Los resultados obtenidos son menores a los encontrados por Arauz y Romero (2009), quienes encontraron producciones de 31,030  $\text{kg ha año}^{-1}$  y 35,060  $\text{kg ha año}^{-1}$  para las densidades de 100,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y 166,666 plantas  $\text{ha}^{-1}$  respectivamente, los cuales realizaron cortes cada 45 días y utilizaron niveles de fertilización nitrogenada superiores a 447.12  $\text{kg N ha año}^{-1}$ , así como los encontrados por Espinoza y Sevilla (2010), quienes obtuvieron producciones de 4,700  $\text{kg ha año}^{-1}$  y 5,100  $\text{kg ha año}^{-1}$  para las densidades de siembra de 100,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y 166,666 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

#### 4.7. Rendimiento de materia seca total RMST (kg ha corte<sup>-1</sup>)

En el análisis de varianzalos niveles de fertilización nitrogenada mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el RMST.

En la comparación de media con la prueba de Tukey, para los niveles de fertilización nitrogenada se encontró que el nivel 150 kg N ha<sup>-1</sup> presentó la mayor producción de materia seca total con 561.8 kg ha corte<sup>-1</sup>, seguido del nivel 100 kg N ha<sup>-1</sup> con 474.2 kg ha corte<sup>-1</sup>, estos niveles no difieren entre sí, pero si difieren del nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> presenta la menor producción con 223.0 kg ha corte<sup>-1</sup>, que podemos ver en la figura 21.



**Figura 21.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca total (kg ha corte<sup>-1</sup>) de *Moringa oleifera*.

En la comparación de media con la prueba de Tukey se encontró que a menor grado de fertilización en el suelo disminuye la producción de materia seca en las plantas, esto se debe a la mayor competencia por los nutrientes, lo que provoca un descenso en los niveles de carbohidratos de reservas que son requeridos 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 incrementamos los niveles de fertilización nitrogenada tendremos una menor competencia entre las plantas lo que provocará un crecimiento mayor, y a su vez, aumentará el rendimiento de materia seca total, 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<sup>-1</sup> previamente de dos abonos orgánicos (lombri-abono y compostaje) y de un fertilizante químico en Morera (*Morus alba*) de 21,411, 21,581, 21,477.6 y 26,567 kg ha año<sup>-1</sup> respectivamente.

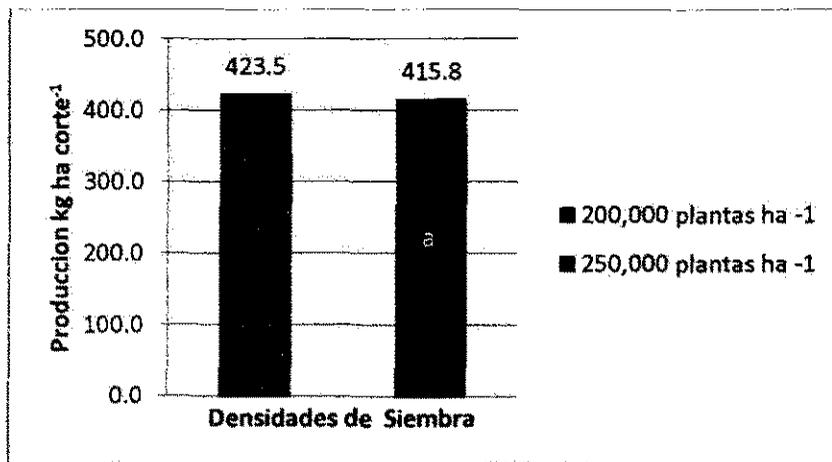
Rodríguez *et al.*, (1992), han informado de rendimientos de 2,000 a 26,000 kg ha año<sup>-1</sup> de materia seca con plantas enteras, cosechadas a 30 cm sobre el nivel del suelo, en intervalos de poda de 6 a 12 semanas y con niveles de fertilización de 0 a 80 kg de N ha año<sup>-1</sup>. En otro estudio, de *Morus alba*, Benavides *et al.*, (1994) emplearon niveles de fertilización nitrogenada de 0 a 480 Kg ha año<sup>-1</sup> durante tres años, logrando rendimientos de materia seca de 10,000 a 30,000 kg ha año<sup>-1</sup>.

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 aumentos en la producción que compensan 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).

Los resultados obtenidos son menores a los encontrados por Arauz y Romero (2009), quienes lograron producciones que superan los 11,090 kg ha año<sup>-1</sup>, utilizando niveles de fertilización nitrogenada superiores a los 447.12 kg N ha año<sup>-1</sup> y efectuando cortes cada 45 días.

En el análisis de varianza las densidades de siembra y sus interacciones no tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) sobre el RMST.

En la comparación de media con la prueba de Tukey se encontró que el mayor rendimiento de MST, lo obtuvo la densidad de 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 423.5 kg ha corte<sup>-1</sup> y el menor rendimiento lo obtuvo la densidad de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 415.8 kg ha corte<sup>-1</sup>, existiendo nominalmente diferencia de 7.7 kg ha corte<sup>-1</sup> entre ambas densidades de siembra (Figura 22).



**Figura 22.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia seca total (kg ha corte<sup>-1</sup>) de *Moringa oleifera*

Los resultados obtenidos difieren de los encontrados por Arauz y Romero (2009), quienes obtuvieron la mayor producción (21,660 kg ha año<sup>-1</sup>) con la densidad de siembra de 166,666 plantas ha<sup>-1</sup> y la menor producción (18,490 kg ha año<sup>-1</sup>) con la densidad de siembra de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> las que no mostraron diferencias estadísticas significativas, pero sí tuvieron un incremento nominalmente de 3,170 kg ha año<sup>-1</sup>.

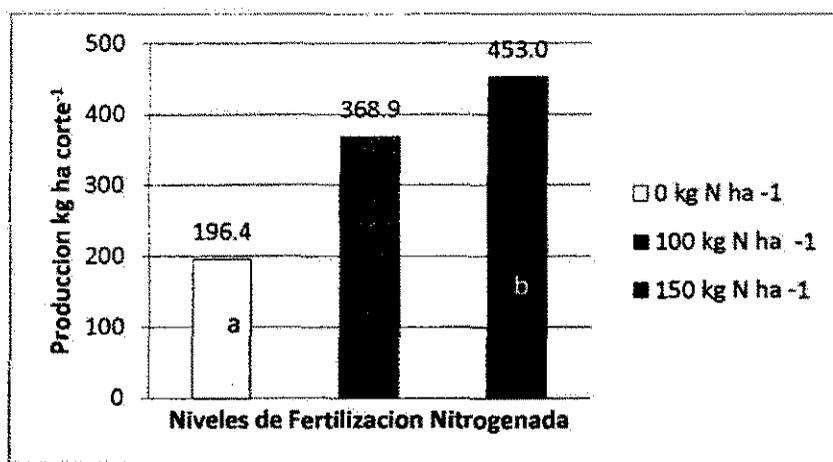
Estos resultados difieren de los encontrados por Jarquín y Jarquín (2003), quienes encontraron producciones de 14,440 kg ha año<sup>-1</sup>, 9,850 kg ha año<sup>-1</sup> y 8,180 kg ha año<sup>-1</sup> al trabajar con densidades de siembra de 250,000, 500,000 y 750,000 plantas ha<sup>-1</sup> y a los reportados por Foidl *et al* 1999, que obtuvieron producciones de 4,160 y 5,070 kg ha año<sup>-1</sup> en densidades de 350,000 y 900,000 plantas ha<sup>-1</sup>, Espinoza y Sevilla (2010), obtuvieron la mayor producción con 8,650 kg ha año<sup>-1</sup> con la densidad de siembra de 166,666 plantas ha<sup>-1</sup> y la menor producción, 8,050 kg ha año<sup>-1</sup> con la densidad de siembra 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>, con un incremento nominal de 600 kg ha año<sup>-1</sup>.

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 algunas experiencias a 166,000 plantas ha<sup>-1</sup>, como la reportada por Espinoza y Sevilla, 2010, al aumentar la densidad debe aumentarse el nivel de fertilización para que no se afecta el rendimiento por la competencia de nutrientes en las altas densidades.

#### 4.8. Rendimiento de materia seca fracción fina RMSFF (kg ha corte<sup>-1</sup>)

En el análisis de la varianza los niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el RMSFF.

En la comparación de media con la prueba de Tukey se encontró que el mayor RMSFF lo obtuvo con el nivel de 150 kg N ha<sup>-1</sup> con 453.0 kg ha corte<sup>-1</sup>, el cual no difiere estadísticamente del nivel 100 kg N ha<sup>-1</sup> con 368.9 kg ha corte<sup>-1</sup>, existiendo nominalmente entre estos niveles una diferencia de 84.1 kg ha corte<sup>-1</sup>, estos dos difieren significativamente del nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> que muestra la menor producción con 196.4 kg ha corte<sup>-1</sup>, ver figura 23.



**Figura 23.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca fracción fina

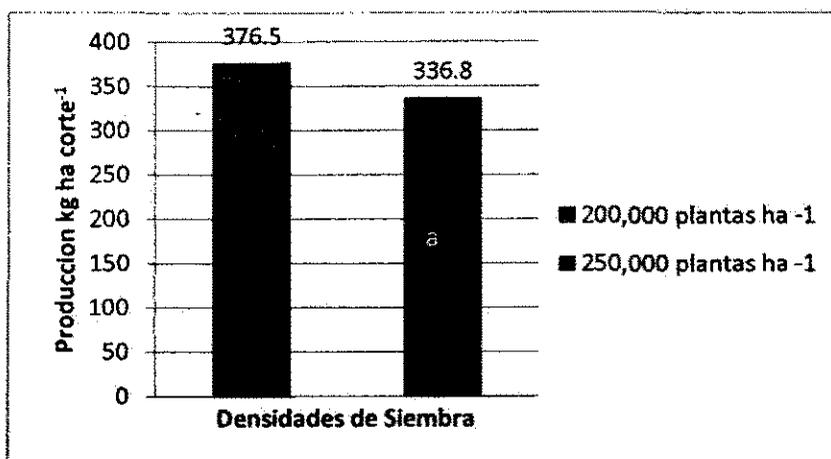
El rendimiento incrementa a medida que se aumenta la aplicación de fertilizantes, lo cual habrá menos competencia entre plantas, pero de la misma forma aumentará el porcentaje de materia seca en la producción de biomasa. Según Russell E (1988), citado por Miquilena *et al.*, (1997), afirman que los fertilizantes promueven el crecimiento foliar y aumentan el tiempo que las hojas permanecen verdes y a la vez incrementan la materia seca producida.

Estos resultados son inferiores a los encontrados por Jarquín y Jarquín (2003), quienes obtuvieron una producción de 5,770 kg ha año<sup>-1</sup> para la variable fracción fina, fraccionada en las dos épocas del año 4,580 kg ha año en época de lluvias y 1,190 kg ha año<sup>-1</sup> en época seca.

Así mismo como los resultados encontrados por Arauz y Romero (2009), quienes obtuvieron producciones que superan a los 9,000 kg ha año<sup>-1</sup> utilizando niveles de fertilización nitrogenada superiores a los 447.12 kg N ha año<sup>-1</sup> con frecuencias de cortes cada 45 días.

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) para las densidades de siembra y sus interacciones sobre el RMSFE.

Al realizar la comparación de medias separación se encontró que el mayor rendimiento lo obtuvo la densidad de siembra de 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> (376.5 kg ha corte<sup>-1</sup>), y el menor rendimiento lo obtuvo la densidad de siembra de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>, con diferencia nominal de 39.7 kg ha corte<sup>-1</sup> entre ambas densidades de siembra, ver figura 24.



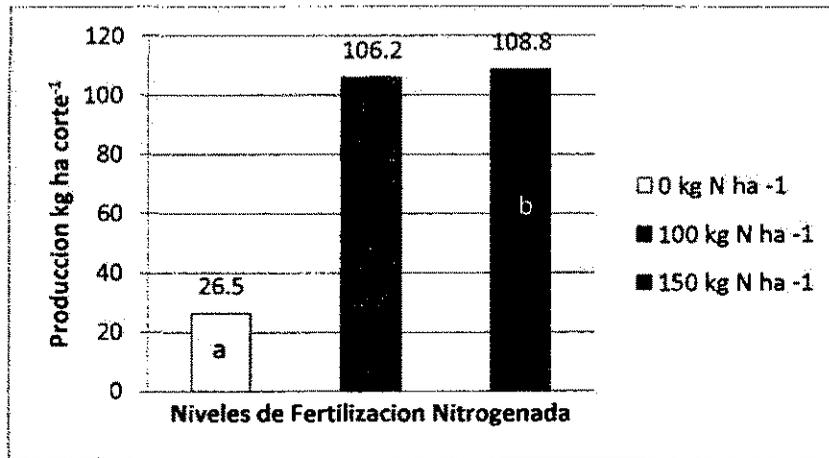
**Figura 24.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de Materia seca fracción fina

La diferencia de estos resultados con relación a los de Jarquín y Jarquín (2003), Flores y Duarte (2004), Arauz y Romero (2009), Espinoza y Sevilla (2010), se debe a las precipitaciones atípicas que se dieron durante el periodo de evaluación del cultivo, afectando a la planta en la absorción de nutrientes, por la falta de disponibilidad de humedad y por consiguiente una disminución en el rendimiento, que podemos ver en la figura 1.

#### **4.9. Rendimiento de materia seca fracción gruesa RMSFG (kg ha corte<sup>-1</sup>)**

En el análisis de varianza los niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el RMSFG.

En la comparación de media con la prueba de Tukey, se encontró el mayor RMSFG en el nivel 150 kg N ha<sup>-1</sup> con 108.8 kg ha corte<sup>-1</sup>, no difirió estadísticamente del nivel 100 kg N ha<sup>-1</sup> con 106.2 kg ha corte<sup>-1</sup>, existiendo nominalmente entre estos niveles una diferencia de 2.6 kg ha corte<sup>-1</sup>, estos dos difieren significativamente del nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> que muestra la menor producción 26.5 kg ha corte<sup>-1</sup>, como puede verse en la figura 25.



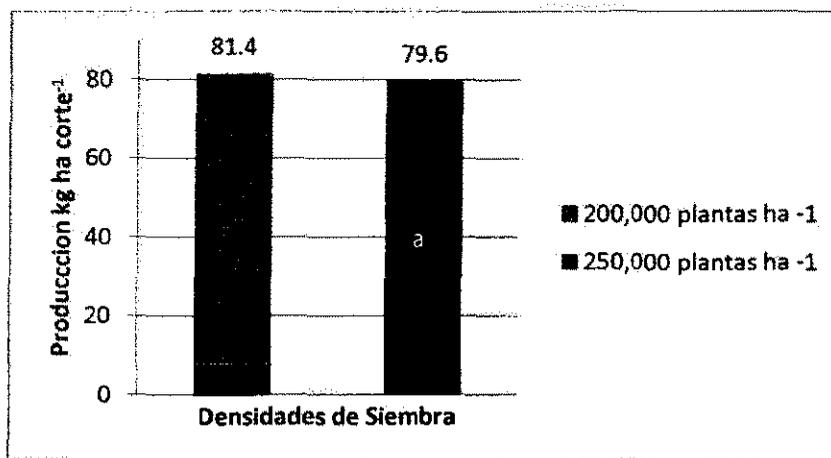
**Figura 25.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca fracción gruesa (kg ha corte<sup>-1</sup>) de *Moringa oleifera*

Se puede observar que la producción de *Moringa oleifera* además de las densidades de siembra se ven igualmente influenciadas 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, a lo que refiere Teague, 1989, Voisin, 1967, menciona que 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.

Estos resultados nos indican que a medida que aumentan los niveles de fertilización nitrogenada, aumenta la proporción de hojas y disminuye la proporción de tallos, la fertilización nitrogenada durante la fase vegetativa favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento, componente de proteínas y otras sustancias así como forma parte de compuestos que permiten que las plantas realicen sus funciones fisiológicas.

En el análisis de varianza las densidades de siembra no tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P>0.05$ ) sobre el RMSFG.

En la comparación de media con la prueba de Tukey, se encontró que las densidades de siembra muestran nominalmente diferencia, mostraron producciones de 81.4 kg ha corte<sup>-1</sup> y 79.6 kg ha corte<sup>-1</sup> para las densidades de siembra de 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>, con una diferencia de 1.8 kg ha corte<sup>-1</sup> (Figura 26).



**Figura 26.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia seca fracción gruesa (kg ha corte<sup>-1</sup>) de *Moringa oleifera*

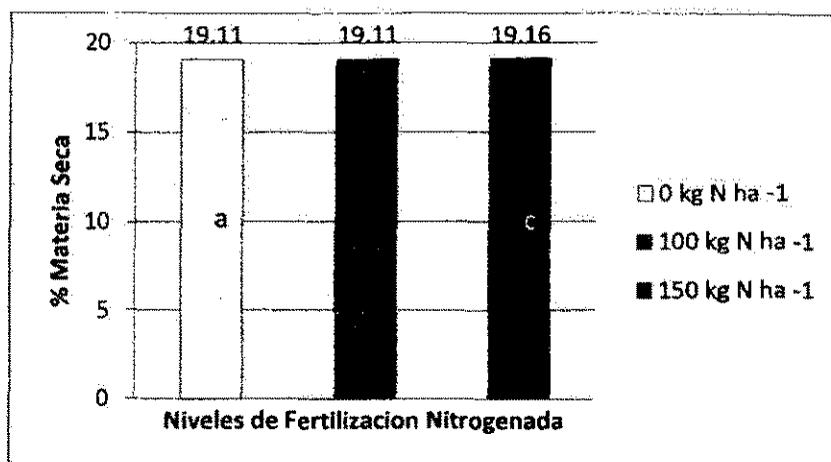
Estos resultados son menores a los encontrados por Arauz y Romero (2009), quienes obtuvieron producciones de 4,550 kg ha año<sup>-1</sup> y 4,540 kg ha año<sup>-1</sup> para las densidades de siembra de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 166,666 plantas ha<sup>-1</sup>, con diferencia de 10 kg ha año<sup>-1</sup>. Así como los encontrados por Espinoza y Sevilla (2010), quienes encontraron producciones de 590 kg ha año<sup>-1</sup> y 660 kg ha año<sup>-1</sup> para las densidades de siembra de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 166,666 plantas ha<sup>-1</sup>, con un incremento en el rendimiento de 70 kg ha año<sup>-1</sup>.

#### 4.10. Contenidos de materia seca (% MS)

En el análisis de varianza los niveles de fertilización nitrogenada mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P<0.05$ ) sobre el contenido de materia seca (% MS).

Al realizar la comparación de medias con la prueba de Tukey el contenido de Materia Seca (% MS) superior lo obtuvo el nivel de fertilización nitrogenada de 150 kg N ha<sup>-1</sup> (19.16%), los

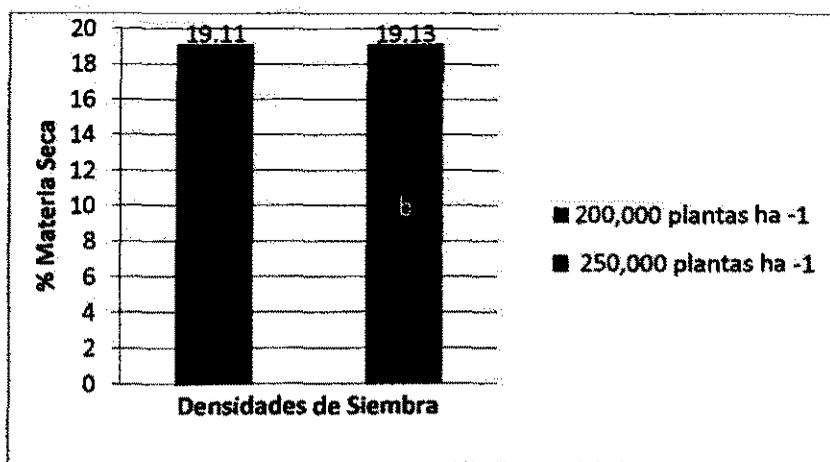
niveles de 0 kg N ha<sup>-1</sup> y 150 kg N ha<sup>-1</sup> mostraron la misma tendencia con 19.11%, no existiendo nominalmente diferencia entre ambos niveles (Figura 27).



**Figura 27.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de materia seca (% MS) de *Moringa oleifera*.

En el análisis de varianza las densidades de siembra y sus interacciones tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de Materia Seca (% MS).

En la comparación de medias con la prueba de Tukey la densidad de 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> mostró menor %MS (19.11%) en comparación a la densidad de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup> (19.13%), incrementándose la producción de materia seca en 0.02%, ver figura 28.

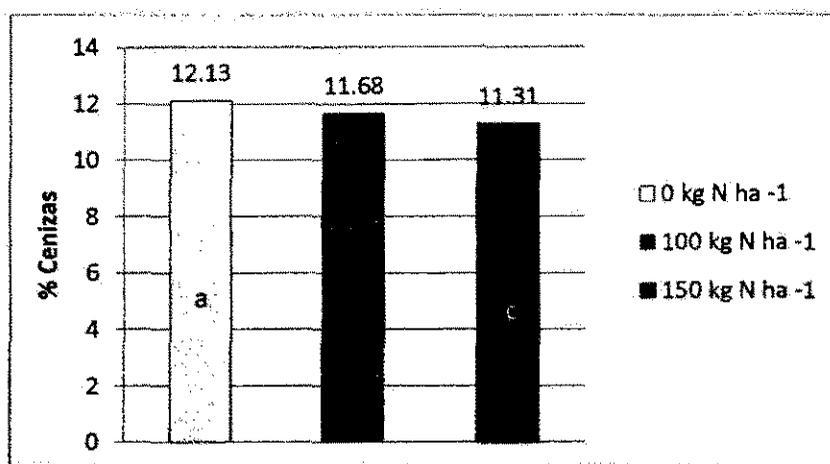


**Figura 28.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de materia seca (% MS) de *Moringa oleifera*

#### 4.11. Contenido de cenizas (% CNZ)

En el análisis de varianza los niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de Cenizas (% CNZ).

En la comparación de media con la prueba de Tukey se encontró que el contenido de Cenizas (% CNZ) redujo sus valores al incrementar los niveles de fertilización nitrogenada, oscilando desde 12.13 % en 0 kg N ha<sup>-1</sup> hasta 11.31 % en 150 kg N ha<sup>-1</sup>. A medida que se incrementa la fertilización nitrogenada incrementa linealmente la concentración de nitrógeno y materia seca en el forraje, que puede observarse en la figura 29.



**Figura 29.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de cenizas (% CNZ) de *Moringa oleifera*

Los resultados obtenidos son superiores a los encontrados por Jarquín y Jarquín (2003), quienes encontraron contenidos de cenizas (% CNZ) de 8.70 %, 9.06 % y 9.15 % para las frecuencias de corte de 45 días, 60 días y 75 días, respectivamente, sin fertilización alguna.

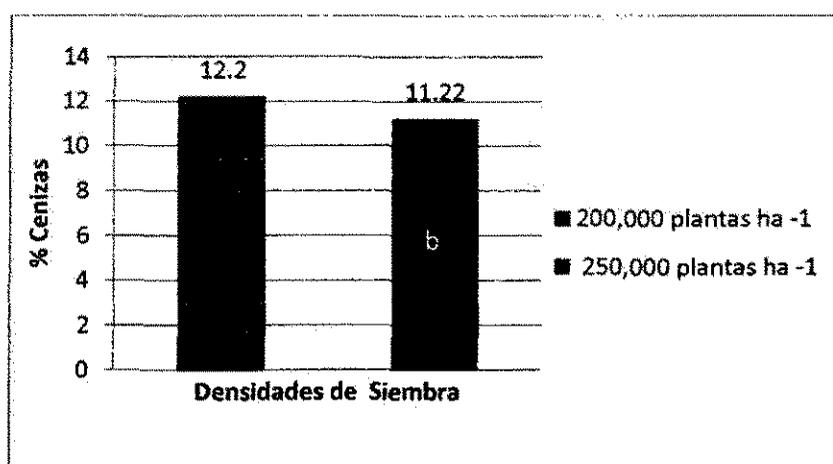
Jarquín y Jarquín (2003), tuvieron porcentaje de cenizas en las dos épocas del año, la época seca presentó el mayor porcentaje de cenizas con 9.12 %, y el menor porcentaje lo presentó la época lluviosa 8.82% de cenizas.

Malik *et al.*, (1967), Makkar y Becker (1997), reportaron valores de 9.10 % y 8.87 % que son diferentes a los obtenidos en esta investigación. Sin embargo, los datos de cenizas presentados por Kandiah y Koch (1938), Becker (1995) y Gupta *et al.*, (1989) de 13.4 %, 11.5 % y 12.0 %

respectivamente, son superiores a los obtenidos en esta investigación, estas diferencias probablemente se deben a variaciones en la edad de las plantas, contenido mineral del suelo y parte de la planta muestreada.

En el ANDEVA las densidades de siembra y sus interacciones tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de Cenizas (% CNZ).

En la comparación de media con la prueba de Tukey 200,000 plantas  $ha^{-1}$  presento mayor contenido de cenizas (% CNZ) con 12.2 % y menor se observó en 250,000 plantas  $ha^{-1}$ , con 11.22%, existiendo una diferencia de 0.98% (Figura 30).



**Figura 30.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de cenizas (% CNZ) de *Moringa oleífera*

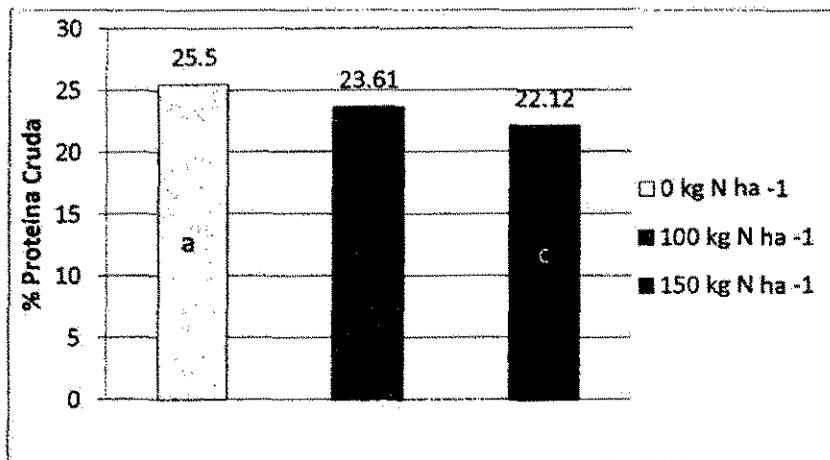
#### 4.12. Contenido de proteína cruda (% PC)

En el análisis de varianza los niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de proteína cruda (% PC).

En la comparación de media con la prueba de Tukey el contenido de proteína cruda (% PC), disminuyo sus valores al incrementarse los niveles de fertilización nitrogenada, oscilando desde 25.5% (0 kg N  $ha^{-1}$ ) hasta 22.12% (150 kg N  $ha^{-1}$ ).

El % de proteína cruda mostró la tendencia de reducir sus valores al aumentar los niveles de fertilización nitrogenada, como puede observarse en la figura 31, sin embargo podemos apreciar en la figura 21 que el incremento de las dosis de nitrógeno, incrementa el rendimiento en materia

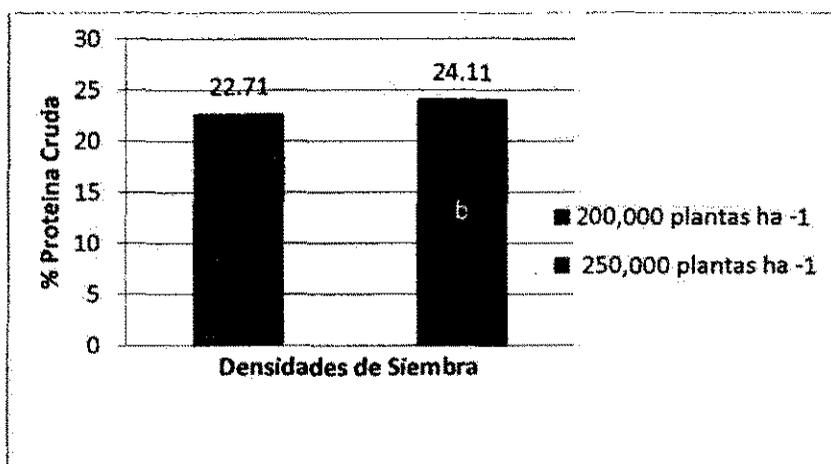
seca total por área, al relacionar este rendimiento con el % PC, se aumenta la producción de Proteína cruda en kg PC ha<sup>-1</sup>, partiendo con el tratamiento testigo de 0 kg N ha<sup>-1</sup> que produjo 56.86 kg PC ha<sup>-1</sup>, pasando por 111.96 kg PC ha<sup>-1</sup> al fertilizarse con 100 kg N ha<sup>-1</sup> y fue máximo en 150.0 kg N ha<sup>-1</sup> con 124.27 kg PC ha<sup>-1</sup>, aumentándose la producción de proteína a medida se aumenta la dosis de N por área.



**Figura 31.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína cruda (% PC) de *Moringa oleifera*

En el análisis de varianza las densidades de siembra y sus interacciones tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de proteína cruda (% PC).

En la comparación de media con la prueba de Tukey el contenido de Proteína Cruda (% PC), aumentó al incrementar las densidades de siembra desde 22.71 % hasta 24.11 % para las densidades de siembra de 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, que puede observarse en la figura 32.



**Figura 32.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de proteína cruda (% PC) de *Moringa oleifera*

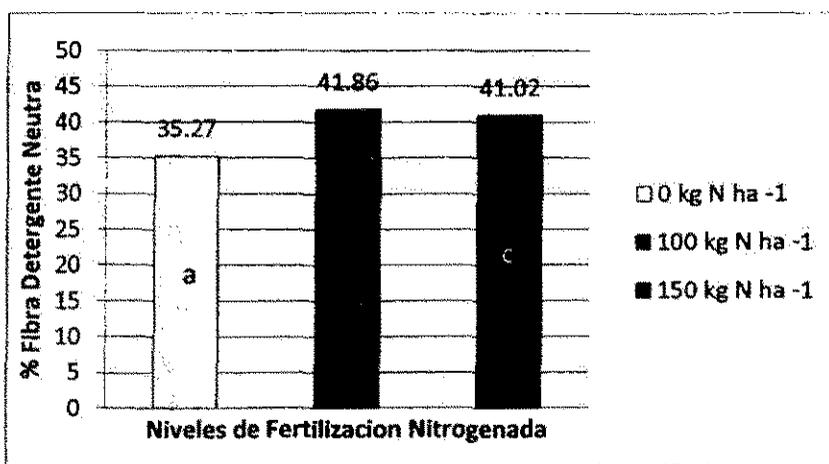
Estos resultados son superiores a los encontrados por Reyes (2003), quien encontró un contenido de Proteína Cruda (% PC) de 22.8 % en densidades de siembra de 250,000, 500,000 y 750,000 plantas ha<sup>-1</sup>,

#### 4.13. Contenido de fibra detergente neutra (% FDN)

En el ANDEVA los diferentes niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de Fibra Detergente Neutra (% FDN).

En la comparación de media con la prueba de Tukey el contenido de fibra detergente neutra (% FDN), aumento al incrementarse los niveles de fertilización nitrogenada, mostrando el mayor porcentaje el nivel 100 kg N ha<sup>-1</sup> con 41.86 %, seguido del nivel 150 kg N ha<sup>-1</sup> que mostró 41.02 %, existiendo una diferencia de 0.84% entre los niveles 100 kg N ha<sup>-1</sup> y 150 kg N ha<sup>-1</sup>, el menor porcentaje lo obtuvo el nivel 0 kg N ha<sup>-1</sup> con 35.27 %.

Como se puede observar en la figura 33 a medida que se aumentó la fertilización nitrogenada el contenido de fibra detergente neutra mostró una tendencia a aumentar sus niveles, debido al mayor crecimiento medido en la altura de la planta en estos tratamientos, que puede observarse en la figura 11, por lo que fisiológicamente la planta modificó su composición en FDN desarrollando sus componentes fibrosos, para soportar los incrementos de rendimiento en materia fresca (figura 15) y seca (figura 21), contrario al tratamiento con 0 kg N ha<sup>-1</sup>, que presento menor altura e inferiores rendimientos.

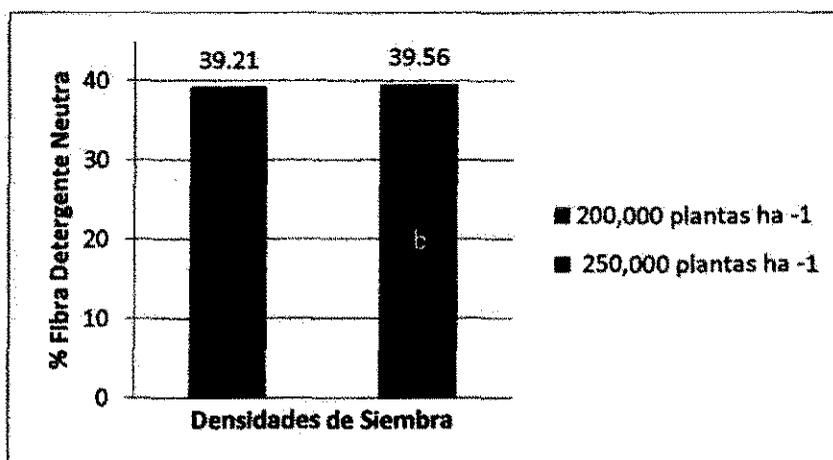


**Figura 33.** Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de fibra detergente neutra (% FDN) de *Moringa oleifera*

Los resultados obtenidos son superiores a los encontrados por Reyes (2003), quien encontró un contenido de fibra detergente neutra (% FDN) de 30.8% sin fertilización alguna.

En el ANDEVA las densidades de siembra y sus interacciones tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de Fibra Detergente Neutra (%FDN).

En la comparación de media con la prueba de Tukey la densidad de siembra de 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> mostró el menor porcentaje (39.21 %) en comparación con la densidad de siembra de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup> que obtuvo el mayor porcentaje con 39.56 %, como se observa en la figura 34, existiendo un incremento nominalmente de 0.35 %.



**Figura 34.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de fibra detergente neutra (% FDN) de *Moringa oleifera*

#### 4.14. Contenido de fibra detergente ácida (% FDA)

En el ANDEVA los diferentes niveles de fertilización nitrogenada tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de Fibra Detergente Ácida (% FDA).

En la comparación de medias con la prueba de Tukey el contenido de Fibra Detergente Ácida (% FDA) aumentó al incrementarse los niveles de fertilización nitrogenada oscilando desde 24.01 % en el nivel de fertilización nitrogenada  $0 \text{ kg N ha}^{-1}$  hasta 27.84 % en el nivel de fertilización nitrogenada  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ , que podemos ver en la figura 35.

La tendencia encontrada en este experimento respecto al % FDA, puede explicarse que en mayor nivel de fertilización nitrogenada, también fue observada incrementos en la altura de la planta, que podemos observar en la figura 11, por lo tanto la planta desarrolló en manera superior la pared celular para soportar ese crecimiento, que se explica en los incrementos de FDA y FDN (figura 34), a la vez que incrementó sus rendimientos de biomasa fresca y seca de las fracciones fina y grueso, que puede verse en las figuras 15,17,19,21, 23 y 25.

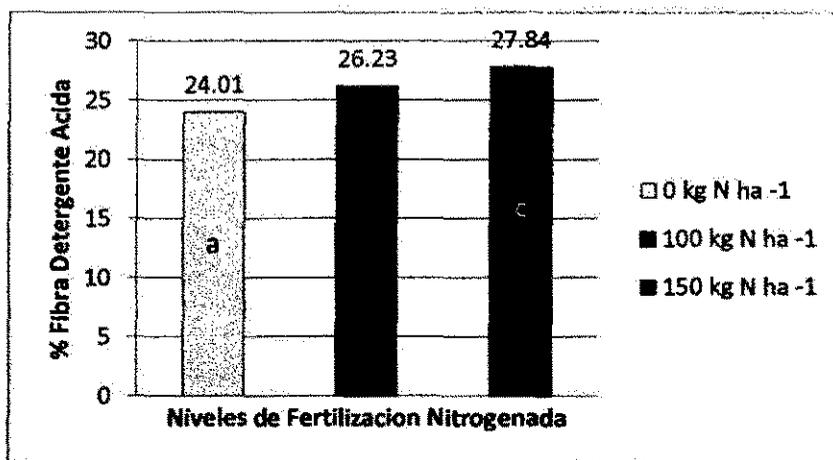
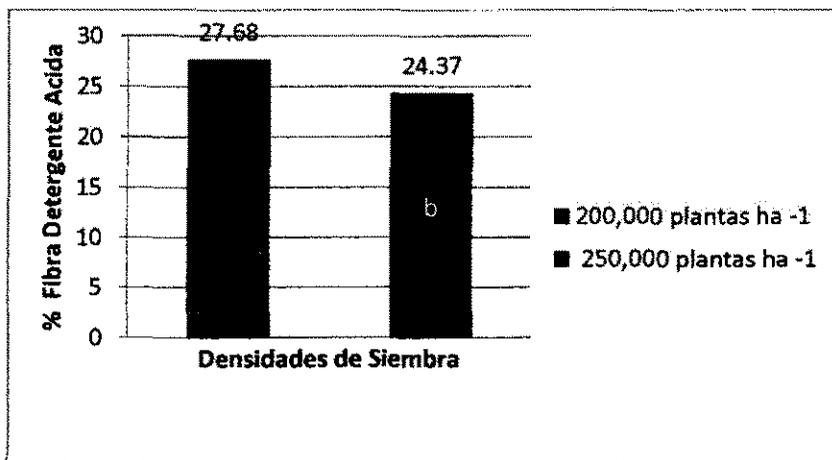


Figura 35. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el contenido de fibra detergente ácida (% FDA) de *Moringa oleifera*

Los resultados obtenidos en esta investigación son superiores a los encontrados por Reyes (2003), quien obtuvo un contenido de fibra detergente ácida (% FDA) de 22.8 % sin fertilización alguna.

En el ANDEVA las densidades de siembra y sus interacciones tuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de fibra detergente acida (% FDA).

En la comparación de medias con la prueba de Tukey la densidad de siembra 200,000 plantas  $ha^{-1}$  tuvo el mayor contenido de Fibra Detergente Acida (% FDA) con 27.68 %, en cambio la densidad de 250,000 plantas  $ha^{-1}$  mostro el menor contenido de Fibra Detergente Acida (% FDA) con 24.37 %, pudiéndose deber a la mayor expresión de competencia entre plantas, mostrando menores valores en este compuesto, ver figura 36.



**Figura 36.** Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el contenido de fibra detergente acida (% FDA) de *Moringa oleifera*

## V. CONCLUSIONES

Esta investigación permitió cumplir con los objetivos propuestos de evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la producción de biomasa y la composición química del Marango (*Moringa oleifera*), en suelo arcilloso, de Juigalpa, Chontales, Hacienda San Esteban, llegando a las siguientes conclusiones:

1. La fertilización nitrogenada tuvo efecto significativo sobre la altura de planta, diámetro de copa, emergencia de plántula, rendimiento de biomasa total, fracción fina y fracción gruesa y cantidad de materia seca fracción fina y fracción gruesa de *Moringa oleifera*, siendo menor en 0 kg N ha<sup>-1</sup> y superior en 150 kg N ha<sup>-1</sup>
2. La densidad de siembra no tuvo efectos significativo sobre la altura, diámetro de la copa, emergencia de plántula, rendimiento de biomasa total, fracción fina y fracción gruesa y cantidad de materia seca fracción fina y fracción gruesa de *Moringa oleifera*, sin embargo los valores fueron numéricamente superiores en 200,000 plantas
3. El mayor rendimiento de biomasa fresca y seca de *Moringa oleifera* se observaron en el mayor nivel de fertilización nitrogenada, con 150 kg N ha<sup>-1</sup>, este sin diferencia estadística respecto a 100 kg N ha<sup>-1</sup>, ambos con respecto a 0 kg N ha<sup>-1</sup> si fueron estadísticamente diferentes; respecto a la densidad de siembra fue superior en 200,000 plantas ha<sup>-1</sup>, aunque sin mostrar diferencias estadísticas
4. Respecto a composición química la fertilización nitrogenada y densidad de siembra, mostraron efectos significativos (P<0.05); %MS tanto en fertilización nitrogenada y densidad de siembra mostró similares valores; %CNZ y %PC mostraron menores valores en dosis de N mayores y en 200,000 plantas ha<sup>-1</sup>, %FDN y %FDA mostraron superior valor en dosis mayores de N y en la densidad menor 200,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

## VI. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación establecido *Moringa oleifera*, en suelo arcilloso en las condiciones climáticas del municipio de Juigalpa Chontales en Hacienda San Esteban se recomienda establecer a 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> y fertilizarlo escalonadamente con 150 kg N ha año<sup>-1</sup>.
2. Es necesario hacer una repetición de este estudio con un periodo de evaluación más prolongado, para conocer su potencial en épocas de lluvia y sequía en este tipo de suelo, determinando así su productividad a lo largo del año, ya que durante este estudio se presentaron condiciones atípicas en las precipitaciones que generó resultados posiblemente no repetibles.
3. Evaluar el efecto de fertilización potásica y fosfatada en los suelos evaluados, por ser estos pobres en estos elementos, así como en sistemas de fertilización orgánica para lograr sostenibilidad del rendimiento con menores costos.

## VII. 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.
- Arauz Calero, D., Romero Pérez, Z. J. 2009. Efecto de diferentes densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de *Moringa oleifera*. Tesis. Ing. en Zootecnia, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal Managua, NI. 41 p.
- Becker K., 1995. Studies on Utilization of *Moringa oleifera* Leaves as Animal Feed. Institute for Animal Production on the Tropics and Subtropics (480), University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. 15p
- Derumo. J.O., Adeosun. 1985. Effect the duranging frequency and height en dry mater yield in nutritive value of *Leucaena leucocephala* one and in mixture with *Panicum maximum*. Journal of Animal production 209-221pp.
- Espinoza Martínez, JR., Sevilla Moran, SL. 2010. Efecto de la densidad de siembra y nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de *Moringa oleifera* en suelo franco arcilloso. Tesis. Ing. en Zootecnia. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. Managua, NI. 45 p.
- Foidl, M.D Sánchez, M. Rosales 1999. Utilización del Marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para el ganado. Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción Animal en América Latina. [www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm](http://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): 5-8p.
- Flores Leiva, BA., Duarte, FJ. 2004. Producción de biomasa de *Moringa oleifera* sometida a diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte en el trópico seco de Managua, Nicaragua. Tesis. Ing. Agrónomo Zootecnista. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. Managua, NI. 51 p.
- Gupta, GK., Barat, DS, Wagle, HKL., Chawla 1989. Nutrient Contents and Antinutritional factors in Conventional and No Conventional Leafy Vegetables. *Food Chemistry* 31: 105-116 pp.
- 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 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2010 Estación Meteorológica de Managua.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2011 Estación Meteorológica de Managua.
- 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 Sevilla, JM., Jarquín Castillo, MH. 2003. Producción de biomasa de *Moringa oleifera* bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte en el trópico seco de Managua. Tesis. Ing. Agrónomo Zootecnista. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. Managua, NI. 59 p.
- LABSA (Laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria). 2010. Análisis químico y Físico de las condiciones del suelo de la hacienda San Esteban, Juigalpa Chontales.)
- 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.
- Malik, M. Y., Abhtar, A. S., Shah, W. H. 1967. Chemical composition of indigenous fodder leaves (*M. Pterygosperma*). Bangladesh y Pakistan, J. Sci. 19 (4), 171-174 p.
- Makkar, H. P. S., Becker, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. Journal of agricultural Science Cambridge. 128: 311-332p.
- Medina *et al.*, 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. Zootecnia Trop., 25(2): 83-93p.
- Mishra, U.S., D.S. Katiyar y A. Kumar. 1991. Character association and path analysis in buffel grass. Annals of aridzone 30(3):241-245 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.
- Paredes, F.; Millo E, 1982. Normas para la fertilización de agrios. Serie: Fulletts Divulgación. No. 5-88 2da edición.

- Pezo, D. 1982. El pasto base de la producción bovina en aspectos nutricionales en los Sistemas de producción bovina. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Materiales de enseñanza No. 15. 87-109pp.
- Pérez, G., Martínez, L.J. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Madrid, España. (Mundi – prensa) 218 p.
- Pina N; Herrera O; Armas J; 1986. Suelo planta y abonado; Pueblo y educación. La Habana (Cuba). 461 p.
- Reyes, CP.1990. El Maíz y su cultivo. AGT. Editorial México. Tercera Edición. México D. F. PP 320- 350.
- 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. Agroforestería en las Américas Vol 8(31): 31-38.

# **VIII. ANEXOS**

# Anexo 1. Plano de campo del área experimental

Cerco de Alambre

T3

T2

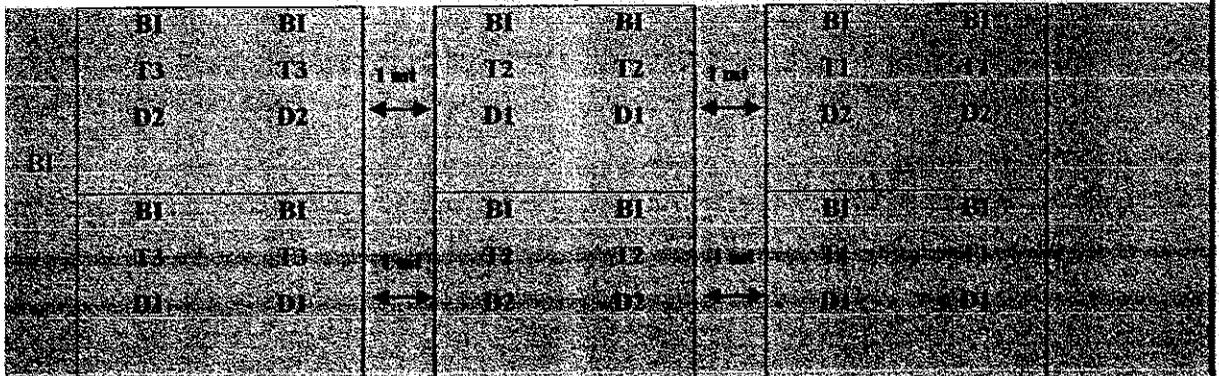
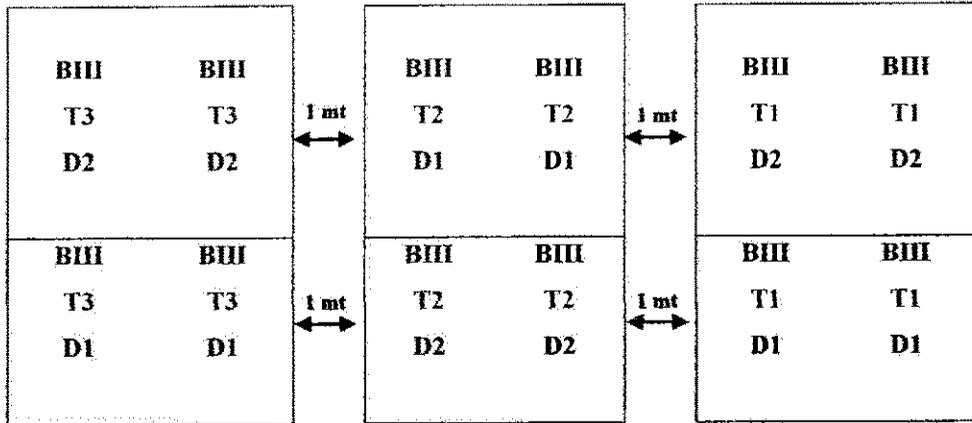
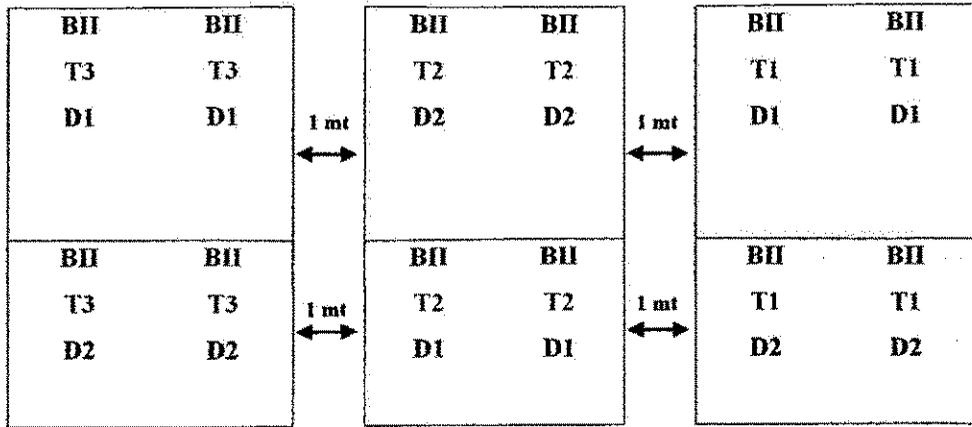
T1

Postes  
Electricidad

BII

BIII

BI



Área de  
Corte

## **Anexo 2. DATOS DEL PRESUPUESTO PARCIAL**

<b>Componentes</b>	<b>Costos \$</b>
1 hectárea de Marango para prepararla (32 tareas)	128.00
1 hectárea de Marango para sembrarla (16 tareas)	64.00
1 quintal de urea	26.00
1 quintal de fertilizante completo (15% N, 15% P, 15% K)	32.00
1 kg de Marango fresco	0.12

### Anexo 3. PRESUPUESTO PARCIAL

	Tratamiento I	Tratamiento II	Tratamiento III
Egreso Total	0 qq urea x \$ 26.00 \$ 0.00	5 qq urea x \$ 26.00 + 1 qq completo \$ 32.00 \$ 162.00	7 qq urea x \$ 26.00 + 1 qq completo \$ 32.00 \$ 214.00
Ingreso Total	2333.4 kg x \$ 0.12 \$ 280.008	4967.6 kg x 0.12 \$ 596.112	5879.6 kg x \$ 0.12 \$ 705.552

#### Tratamiento I vs Tratamiento II

$$U = (\$ 0.00 + \$ 596.112) - (\$ 162.00 + \$ 280.008)$$

$$U = \$ 596.112 - \$ 442.008$$

$$U = \$ 154.104$$

#### Tratamiento I vs Tratamiento III

$$U = (\$ 0.00 + \$ 705.552) - (\$ 214.00 + \$ 280.008)$$

$$U = \$ 705.552 - 494.008$$

$$U = \$ 211.544$$

#### Tratamiento II vs Tratamiento III

$$U = (\$ 162.00 + \$ 705.552) - (\$ 214.00 + \$ 596.112)$$

$$U = \$ 867.552 - \$ 810.112$$

$$U = \$ 57.44$$