



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

Trabajo de graduación

Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

Efecto de la densidad de siembra y nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de *Moringa oleífera* en suelo franco arcilloso.
Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua.

AUTORES:

Br. Jairo Rolando Espinoza Martínez

Br. Sugeydi Lizeth Sevilla Morán

ASESOR

Ing. Bryan Mendieta Araica. MSc.

Managua, Nicaragua

Septiembre, 2010

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
Dedicatoria	i
Agradecimientos	iii
Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras	v
Índice de anexos	vi
Resumen	vii
Abstract	Viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. MATERIALES Y METODOS	4
3.1 Ubicación y fecha de estudio	4
3.2 Condiciones edafológicas	4
3.2.1 Suelo	4
3.3 Diseño Metodológico	5
3.3.1 Establecimiento del ensayo	5
3.3.2 Descripción del área experimental	5
3.4 Manejo del experimento	6
3.4.1 Limpieza del área experimental	6
3.4.2 Corte de uniformidad	6
3.4.3 Control de plagas y enfermedades	7
3.4.4 Fertilización química	7
3.5 Descripción de los tratamientos	7
3.6 Diseño experimental	8
3.6.1 Modelo estadístico	8
3.7 Descripción de las variables	9
3.7.1 Rendimiento de Materia Fresca Total (RMFT)	9
3.7.2 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (RMFF)	10
3.7.3 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (RMFG)	11
3.7.4 Porcentaje de Materia Seca (%MS)	12
3.7.5 Rendimiento de Materia Seca Total (RMST)	12
3.7.6 Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (RMSFF)	12
3.7.7 Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (RMSFG)	12
3.7.8 Altura promedio de las plantas	13
3.7.9 Mortalidad de las plantas	13
3.7.10 Tasa de crecimiento	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 Rendimiento de Materia Fresca Total (RMFT)	15
4.2 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (RMFF)	17
4.3 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (RMFG)	19
4.4 Rendimiento de Materia Seca Total (RMST)	21
4.5 Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (RMSFF)	23
4.6 Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (RMSFG)	26
4.7 Altura promedio de las plantas	28
4.8 Tasa de crecimiento	30

4.9 Mortalidad	31
V. CONCLUSIONES	33
VI. LITERATURA CITADA	34
VII. ANEXOS	37

DEDICATORIA

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.

A mis padres Santos Espinoza Pulido y Sofía Martínez Pichardo 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 estos años me impulsaron a seguir adelante siendo mis guías e inspiración.

A mis hermanos: Esmilda, Rosario, Eddy, Ernesto y Pedro Pablo Espinoza Martínez por haberme apoyado siempre y por ser excelentes hermanos.

Jairo Rolando Espinoza Martínez

DEDICATORIA

A Dios; el dador de la vida, por su incomparable amor y ser el que me ha dado las fuerzas, el conocimiento y la sabiduría para culminar mis estudios.

A mis padres; Zacarías Sevilla y Ángela Morán, por su infinito apoyo y sus esfuerzos en todo el transcurso de mi vida.

A mis hermanos Nelson Sevilla y Elyin Sevilla, por ser mis ejemplos y motivaciones día a día.

Sugeydi Lizeth Sevilla Moran

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirnos realizar nuestras metas, sueños y por habernos dado la oportunidad de culminar nuestra carrera con éxitos.

A nuestros Padres por ser nuestra inspiración, por su apoyo moral, espiritual, económico e incondicional.

A nuestro tutor Ing. Bryan Mendieta AraicaMSc, en especial, por guiarnos paso a paso, por su infinita paciencia y ayuda en este trabajo, por sus consejos y por confiar en nosotros.

Al Dr. Nadir Reyes por su importante ayuda, dedicación y apoyo que nos brindó a culminar exitosamente nuestro trabajo.

Al personal docente de la Facultad de Ciencia Animal de la Universidad, que durante los años de estudio nos forjaron y prepararon con conocimientos esenciales para la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que de alguna manera nos brindaron su ayuda y alguna palabra de aliento durante el transcurso de este periodo.

A la Universidad Nacional Agraria, a Servicios Estudiantiles y muy especial a la Lic. Idalia Casco, por su incondicional ayuda en el transcurso de nuestra carrera universitaria.

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

Jairo R. Espinoza Martínez Sugedy L Sevilla Moran

TABLA**PÁGINA**

1. Análisis químico del suelo
2. Análisis físico del suelo

4
5

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Cortes evaluativos de <i>Moringa oleífera</i> cada 45 días.	6
2. Forraje fresco de Marango.	9
3. Muestra de Materia Fresca Fracción Fina.	10
4. Corte del Material Fresco Fracción Gruesa.	11
5. Medición y toma de datos de la altura de las plantas de Marango.	13
6. Efecto de los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	16
7. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	17
8. Efecto de los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	18
9. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	19
10. Efecto de los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	20
11. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	21
12. Efecto de los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Total (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	22
13. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Total (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	23
14. Efecto de los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	25
15. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	26
16. Efecto de los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	27
17. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	28
18. Efecto de los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre la altura promedio de las plantas (m) de <i>Moringa oleífera</i> .	29
19. Efecto de la densidad de siembra sobre la altura promedio de las plantas (m) de <i>Moringa oleífera</i> .	30
20. Efecto de diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre la Tasa de crecimiento (kg ms ha día ⁻¹) de <i>Moringa Oleífera</i> .	31
21. Efecto de la densidad de siembra sobre la mortalidad de las plantas de <i>Moringa oleífera</i> .	34

INDÍCE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo del área experimental con sus respectivas densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada.	37
2. Análisis de Varianza para el rendimiento de Materia Fresca Total (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	38
3. Análisis de Varianza para el rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	38
4. Análisis de Varianza para el rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	39
5. Análisis de Varianza para el rendimiento de Materia Seca Total (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	39
6. Análisis de Varianza para el rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	40
7. Análisis de Varianza para el rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (t ha año ⁻¹) de <i>Moringa oleífera</i> .	40
8. Análisis de Varianza para la altura promedio de las plantas (m) de <i>Moringa oleífera</i> .	41
9. Análisis de Varianza para la Tasa de crecimiento. TC (kg ms ha día ⁻¹)	41
10. Análisis de varianza de mortalidad(%).	42
11. Temperatura mensual (°C) de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Managua.	42
12. Precipitación mensual (mm) 2008-2009 de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Managua.	43
13. Humedad Relativa (%) mensual de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Managua.	43
14. Precipitación mensual (mm) 2007-2008 de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Managua	44
15. Norma Histórica de Precipitación mensual (mm) 1971- 2000. Managua.	44
16. Norma Histórica de Temperatura(°C) 1971-2000. Managua.	45

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de dos densidades de siembra y cuatro niveles nitrogenados sobre la producción de *Moringa oleifera*. El ensayo se llevó a cabo en la finca Santa Rosa, localizada geográficamente de 12°08'15'' a latitud Norte y 86°09'36'' a longitud este, municipio de Managua, de mayo 2008 a septiembre 2009; el diseño experimental fue un bifactorial con parcela dividida usando las densidades como parcela principal (100,000 plantas ha⁻¹ y 166,666 plantas ha⁻¹) y los niveles de fertilización (0 kg N ha año⁻¹, 446 kg N ha año⁻¹, 906.2 kg N ha año⁻¹, 1334 kg N ha año⁻¹) como sub-parcela. Las variables de estudio fueron: rendimiento de materia fresca total (RMFT), rendimiento de materia fresca fracción fina (RMFFF), rendimiento de materia fresca fracción gruesa (RMFFG), rendimiento de materia seca total (RMST), rendimiento de materia seca fracción fina (RMSFF), rendimiento de materia seca fracción gruesa (RMFFG), altura promedio de plantas, Mortalidad de plantas y Tasa de crecimiento (TC). Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) y comparaciones con la prueba de Tukey utilizando MINITAB, versión 13.0. Los resultados en el ANDEVA, mostraron que la fertilización presentó efecto significativo ($P < 0.05$) con los mejores rendimientos el nivel 150 %, con RMFT (69.17 ton ha año⁻¹), RMFFF(60.72 ton ha año⁻¹), RMFFG(8.45 ton ha año⁻¹), RMST(10.81 ton ha año⁻¹), RMSFF(9.69 ton ha año⁻¹), RMSFG(1.12 ton ha año⁻¹), Altura de las plantas(1.33 m) y TC(28.91), la densidad de siembra presentó efectos significativos ($P < 0.05$) sólo para la variable Mortalidad con (18.08 %).

ABSTRACT

This work was done in order to evaluate the effect of two densities nitrogenados and four levels on the production of *Moringa oleifera*. The cruelty took place in the farm Santa Rosa. Geographically located north latitude and longitude 12°08'15'' northern municipality of Managua in May 2008 to September 2009. The experimental desing was bifactorial using plants(100, 000 and 166,666 plants as the main factor and four levels of fertilization (0 kg N ha year , 446 kg N ha year, 906.2 kg n ha year, 1334 kg N ha year) and secondary factor. Estudy variables were : The variables were Total Fresh Matter yield (TFMY), Total fresh matter fine fraction yield (TFMFFY), Total fresh matter coarse fraction yield (TFMCFY), Dry Matter yield (DMY), Dry matter fine fraction yield (DMFFY), Dry matter coarse fraction yield (DMCFY), Average plant height (APH), Plant mortality (PM) and Growing rate (GR) was perfomed analysis of variance (ANOVA) and compararisons in the tukey test utliliry Minitab. Version 13.0 ANOVA results Showed that the fertilization effect was significant (($P < 0.05$)) with the best performance level IV, with average height TFMY (ANOVA) and comparisions with the turkey test using Minitab in the heights of the plants.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua tiene una riqueza considerable en árboles forrajeros que actualmente no tienen aprovechamiento óptimo, estos juegan un papel importante dentro de los sistemas silvopastoriles teniendo efectos económicos y ecológicos positivos. La ganadería puede tener un desarrollo económico sostenible en la medida que haga un uso eficiente, diversificado y racional de los recursos forrajeros. La eficiencia se centra no solo en volúmenes producidos por un determinado sistema productivo, sino también en la capacidad de mantenerlos por largo tiempo.

Los escasez de pastos y forraje durante el verano, constituyen una limitante para la producción pecuaria, ya que en época seca se presenta una disminución en la producción de forraje, siendo insuficiente en disponibilidad y calidad afectando los requerimientos necesarios de los animales, causando estrés nutricional que consecuentemente disminuirá la productividad. Según la FAO (1992), las especies arbustivas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, como si lo hacen la mayoría de las gramíneas utilizadas para el pastoreo, de allí la mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje de las especies leñosas a través del tiempo.

Ante la situación previamente planteada, existe la necesidad de buscar alternativas en la suplementación alimenticia que sean, económicamente viables, disponibles, con poca irregularidad en su distribución, particularmente durante la época de sequía. En consecuencia, la incorporación de especies arbóreas y arbustivas en los sistemas de producción animal, puede constituirse en una alternativa viable para mejorar el uso actual de la tierra y a la vez, la dieta utilizada por los rumiantes.

Para que un árbol o arbusto pueda ser calificado como forrajero debe reunir ventajas tanto en términos nutricionales, como de producción y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. En tal sentido los requisitos para tal calificación son: i) que su consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta; ii) que el contenido de nutrimentos sea atractivo para la producción animal; iii) que sea tolerante a lapoda y iv) que su rebrote sea lo suficientemente vigoroso como para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible por unidad de área, (Benavidez, 1993).

Una estrategia potencial para resolver la problemática de la alimentación en verano para el rumiante, puede ser a través de la utilización de árboles y arbustos forrajeros, (Pezo e Ibrahim, 1999 citado por Jiménez, 2006), y unas de estas posibilidades la utilización de fuentes óptimas para la alimentación animal es *Moringa*.

La importancia del uso del Marango como forraje se debe a sus buenas características nutricionales y a su alto rendimiento de producción de biomasa fresca.

Según Foild *et al.*, (1999), el Marango produce alta cantidad de biomasa aplicando alto contenido de Nitrógeno.

El uso de la fertilización nitrogenada en las plantas forrajeras, es una técnica que ha mejorado los rendimientos. El nitrógeno, es el constituyente básico de importantes moléculas orgánicas, claves para el crecimiento y el desarrollo de los vegetales como; proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila, aminos y fitohormonas. El nitrógeno juega un rol clave en la etapa de crecimiento vegetativo, floración, formación de frutos y semillas. Durante la fase vegetativa la actividad central consiste en la formación de tejidos, lo cual implica la síntesis de proteínas y de carbohidratos, una nutrición nitrogenada deficiente durante esta etapa acorta la vida de la planta causando madurez precoz. Guardiola y García (1999).

Ha sido suficientemente demostrado el efecto del clima, vegetación y el manejo del suelo sobre el contenido de Nitrógeno (N); desde el punto de vista agronómico se puede transportar el contenido de N en suelos y regiones dadas como una función del manejo del suelo, en particular de su fertilidad, pues en general, todas aquellas prácticas que lleven la pérdida de materia orgánica y degradación del suelo llevarán a la pérdida de N en el suelo. La importancia de la aplicación de fertilizante nitrogenado, radica en que el desarrollo de los cultivos, está limitado a una insuficiencia de este elemento más que por cualquier otro nutriente.

Tanto la fertilización nitrogenada como la densidad de siembra inciden en los rendimientos de las plantas. Foild *et al.*, (1999); señalan que la densidad de un millón de plantas/ha es la óptima con aplicación de fertilizantes nitrogenados, por otro lado las altas densidades (más de un millón pha^{-1}), 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.

El Marango es totalmente compatible desde el punto de vista ambiental debido a su carácter renovable, ya que su cultivo y utilización tiene un importante potencial para la producción de biocombustible y proteínas para alimento animal, productos que son claves para la economía y el desarrollo de cualquier país Mayorga y Foild, (2000).

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 de nuestro trabajo, la que se centra en brindar mayor información sobre el efecto que ejerce la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra en el cultivo de Marango.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General: Evaluar el efecto de la densidad de siembra y diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de biomasa de *Moringa oleífera* en suelo franco arcilloso.

2.2 Objetivos Específicos:

1. Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de materia fresca total, materia fresca fracción fina, materia fresca fracción gruesa, materia seca total, materia seca fracción fina, materia seca fracción gruesa, altura, mortalidad y tasa de crecimiento de *M. oleífera*.
2. Estimar el efecto de los niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia fresca total, materia fresca fracción fina y fracción gruesa, materia seca total, materia seca fracción fina, materia seca fracción gruesa, altura, mortalidad y tasa de crecimiento de *M. oleífera*.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación y fecha de estudio

Este experimento se realizó durante el periodo de mayo del 2008 a septiembre 2009, en la finca Santa Rosa propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada al norte de la comunidad de Sabana Grande del Municipio de Managua Nicaragua, localizada geográficamente de 12°08'15'' de latitud Norte y 86°09'36' de longitud Este y a una elevación de 56 msnm (INETER, 2009).

3.2 Condiciones edafológicas

Las condiciones climática del área experimental, es considerada como una zona de vida ecológica de bosque tropical seco, con un rango (1000-1200 mm) de precipitación media anual de 1014.8 mm y una temperatura media anual de 27.5 °C y humedad relativa de 71.9% (INETER, 2009).

El régimen pluviométrico de la región, se caracteriza por presentar una distribución bimodal, con una época seca comprendida desde noviembre a abril y una época lluviosa entre los meses de mayo a octubre (INETER, 2009).

3.2.1 Suelo

Antes de establecer el ensayo, se tomaron muestras de suelo para realizarles un análisis físico-químico obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1. Análisis Químico del Suelo.

pH	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (meq/100 g)	Ca (meq/100 g)	Mg (meq/100 g)
5.3	5.67	0.28	0.82	0.009	2.82	1.38

Laboratorio Físico de Suelo y Agua, Universidad Nacional Agraria, 2009

Tabla 2. Análisis Físico del Suelo.

% de Arcilla	% de Limo	% de Arena	Clase textural
39.8	24	36.2	Franco Arcilloso

Laboratorio Físico de Suelo y Agua, Universidad Nacional Agraria, 2009

Según los resultados físico-químicos, este suelo presenta alto porcentaje de materia orgánica con 5.67%, alto contenido de nitrógeno(N) 0.28, bajo contenido de fósforo (P) 0.82 y potasio (K) con 0.009 meq/100 gr respectivamente, presentan un valor medio de 2.82 meq/100 gr de suelo de calcio, alto contenido de manganeso con 1.38 meq/100 gr. de suelo. (Tabla 1), y un pH de 5.3 clasificado como suelo fuertemente ácido. (LABSA, 2009). Este suelo es considerado franco arcilloso, con textura moderadamente fina, reflejando el análisis 39.8% de arcilla, 24% de arcilla y 36.2% de arena (Tabla 2).

3.3. Diseño Metodológico

3.3.1 Establecimiento del ensayo

El experimento empezó a partir del 20 de mayo del 2008, en un área ya establecida desde el año 2007, el área total de ensayo fue de 1,290 m², con una pendiente de norte a sur.

3.3.2 Descripción del área experimental

El área se organizó en cuatro bloques perpendiculares a la pendiente, cada bloque con 2 parcelas grandes y 4 sub-parcelas dentro de cada parcela grande. Usando las densidades como parcela grande y los niveles de fertilización como sub-parcelas, de esta manera resultó en total 32 sub-parcelas experimentales, las cuales estaban debidamente identificadas (por bloque, densidad y niveles de fertilización) con rótulo metálico (Anexo 1).

El área de cada parcela experimental fue 20m²(5m*4m), al eliminar el efecto de borde de la parcela se obtuvo una área útil de 12m², con una distancia entre cada parcela de 1 m y una distancia entre bloques de 2 m. 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.

Las densidades de siembra fueron 100,000 y 166,666 Plantasha⁻¹, con sus respectivos niveles de fertilización.

A partir de las densidades establecidas se procedió a calcular las plantas por parcelas y basado en eso se realizó una resiembra en mayo del 2008.

3.4 Manejo del experimento

3.4.1 Limpieza del área experimental

La limpieza del ensayo fue realizada de forma manual (eliminación de todo tipo de maleza) tanto dentro de las parcelas, como en los callejones, para esto se utilizaron materiales como machetes, azadones, rastrillos y carretillas.

3.4.2 Corte de uniformidad

El corte de uniformidad del área experimental se realizó el 22 de septiembre del 2008 a una altura de 40 cm del suelo, fecha que sirvió de referencia para evaluar los siguientes cortes evaluativos (Figura 1).



Figura 1. Cortes evaluativos de Marango cada 45 días.

3.4.3 Control de plagas y enfermedades

Los ataques más comunes a los que estuvo expuesto el cultivo fueron termitas o comejenes (*Nasutitermes sp*). Encontrándose en toda el área experimental un total de 37 plantas afectadas por el comején o termitas representando el 0.4 %, el cual no presentó efectos significativos en el rendimiento y no se observó influencia alguna que limitara el crecimiento y desarrollo de las plantas. Cabe mencionar que no se aplicó control químico.

3.4.4 Fertilización química

Durante la siembra se aplicaron dosis de saturación de fósforo(P) y potasio(K). Para tal fin se incorporó al suelo 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 usando Superfosfato (0-36-0) y, 877 kg ha^{-1} de K_2O , usando Muriato de Potasio (0-0-60).

3.5 Descripción de los tratamientos

Basado en los resultados de Reyes et al.,(2006) citado por Arauz y Romero (2009), sobre producción de materia seca por hectárea y la composición del follaje del Marango se estableció la cantidad de nutrientes (N, P, K) trasladados del suelo hacia la planta y estos datos se usaron como base de cálculo para determinar los niveles de fertilización nitrogenada.

Nivel 0%: $0 \text{ kg N ha año}^{-1}$, 0% de los requerimientos del cultivo.

Nivel 50%: $447.12 \text{ kg N ha año}^{-1}$, 50% de los requerimientos del cultivo.

Nivel 100%: $894.24 \text{ kg N ha año}^{-1}$, 100% de los requerimientos del cultivo.

Nivel 150%: $1341.36 \text{ kg N ha año}^{-1}$, 150% de los requerimientos del cultivo.

Los factores a evaluar fueron: densidad de siembra ($100,000$ y $166,666 \text{ plantash a}^{-1}$,) y cuatro niveles de fertilización nitrogenada (0%, 50%, 100% y 150%) de los requerimientos estimados de nitrógeno para el cultivo con frecuencia de corte cada 45 días, generando 8 combinaciones de tratamientos. Cada tratamiento cuenta con cuatro repeticiones resultando 32 unidades experimentales.

3.6 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un bifactorial con arreglos en parcelas divididas.

Se realizó una doble azarización, utilizando la tabla de los números aleatorios, primero las densidades de siembra fueron azarizadas en las parcelas principales, posteriormente, los niveles de fertilización nitrogenada en las sub-parcelas.

3.6.1 Modelo estadístico

Modelo Aditivo Lineal (MAL)

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

Donde:

$i = r, \dots, 1, 2, 3, 4$ Repeticiones

$j = d, \dots, 1, 2,$ Densidades de siembra

$k = f, \dots, 1, 2, 3, 4$ Niveles de fertilización

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

μ : Media poblacional.

B_i : Efecto del i -ésimo bloque.

D_j : Efecto de j -ésima densidad de siembra.

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

F_k : Efecto del k -ésimo nivel de fertilización.

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

e_{ijk} : Error experimental

Se realizó comparación de medias en aquellas situaciones en que el ANDEVA indicó diferencias significativas, para lo cual se utilizó el test de rango de Tukey, con una significancia de 5%.

3.7 Descripción de las variables

3.7.1 Rendimiento de Materia Fresca Total (RMFT)

Para obtener el rendimiento de materia fresca total por hectárea se efectuó el corte de material vegetativo de cada parcela útil a una altura de 40 cm del suelo. Se pesaba todo lo colectado y se registraba para estimar la producción de Materia Fresca Total, usando la fórmula que se detalla a continuación.

$$\text{RMFT} = \frac{\text{RMFT}(\text{kg}) \times 10,000\text{m}^2}{12 \text{ m}^2}$$



Figura 2. Forraje fresco de Marango.

3.7.2 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (RMFFF)

En la planta, se considera fracción fina las hojas, pecíolos y tallos con diámetro menores a 5mm.

Una vez que se obtenía el material total de cada parcela, se seleccionaba la fracción fina de forma manual. Se procedía a pesar para calcular el rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina. Posteriormente se tomaba una muestra de 700 g se registraba el dato (Figura 3).

$$RMFFF = \frac{RMFFF(kg) \times 10,000 \text{ m}^2}{12 \text{ m}^2}$$



Figura 3. Muestra de Materia Fresca Fracción Fina.

3.7.3 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (RMFFG)

Se considera como fracción gruesa a la planta que posee un tallo mayor de 5 mm de grosor.

Al cortar el material vegetativo de cada parcela, se seleccionaba de forma manual las plantas con tallos mayores de 5 mm de grosor, desojándolas, para luego ser pesadas y ser registrada para el cálculo de RMFFG. Se tomaba una muestra de 700g (Figura 4), que era llevada al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional Agraria para posteriores análisis.

$$\text{RMFFG} = \frac{\text{RMFFG}(\text{kg}) \times 10,000\text{m}^2}{12 \text{ m}^2}$$



Figura 4. Corte de Material Fresco Fracción Gruesa.

3.7.4 Porcentaje de Materia Seca (MS)

Las muestras de 700 g del RMF y RMG, obtenidas en el campo eran enviadas al Laboratorio de Bromatología de la UNA, fueron secadas en un horno de circulación de aire a 60°C durante 72 horas. La muestra del material seco, se pesaban para obtener datos de peso seco, y posteriormente calcular el porcentaje de Materia Seca utilizando la siguiente fórmula:

Contenido de Materia Seca (%) = 100 - % Humedad

3.7.5 Rendimiento de Materia Seca Total (RMST)

Se determinó a partir del rendimiento de RMFT y del % de MS, mediante la siguiente fórmula:

3.7.6 Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (RMSFF)

Se determinó a partir de la siguiente ecuación:

3.7.7 Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (RMSFG)

Se determinó a partir de la siguiente ecuación

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

3.7.8 Altura promedio de las de las plantas

Para estimar la altura promedio de las plantas se usó la metodología de Toledo (1982), se tomaron 5 plantas diferentes al azar de cada subparcela y se midieron con una cinta métrica desde la base de la planta hasta la punta de la última hoja, como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Medición y toma de datos de altura de Marango.

3.7.8 Mortalidad de Plantas

Durante la etapa de campo se realizaron dos conteos, el primero al entrar el invierno y el segundo al salir el invierno, en cada subparcela consideraban muertas las plantas que no presentaban hojas y se notaban secos los tallos, luego se determinaba su proporción porcentual entre el total inicial de plantas de la parcela.

3.7.9 Tasa de Crecimiento (TC)

Esta variable es la producción diaria de biomasa (kg ms ha día^{-1}) durante la frecuencia de corte, estimándose mediante la siguiente fórmula:

$$TC = \frac{\text{Rendimiento de Materia Seca Total (kg ha corte}^{-1}\text{)}}{\text{Frecuencia de corte (días)}}$$

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

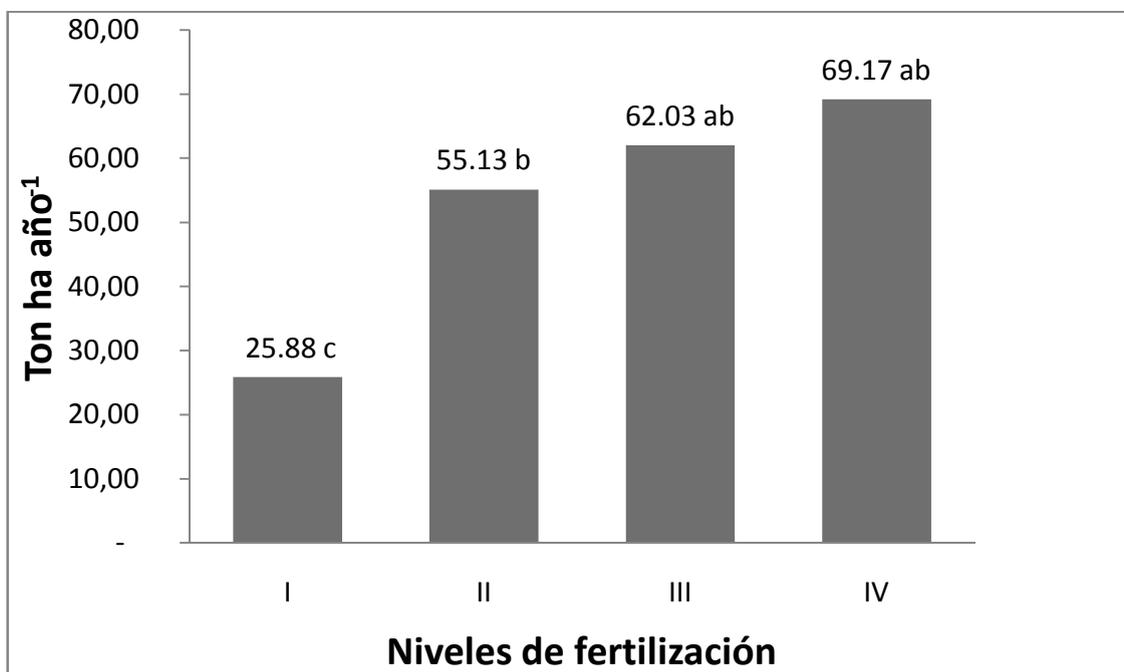
4.1 Rendimiento de Materia Fresca Total (t ha año⁻¹) RMFT

En el análisis de varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Total, se puede observar (Anexo 2), que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el factor fertilización y no existe diferencia significativa ($P > 0.5$) para bloque, densidad y las interacciones bloques densidad y densidad fertilización.

Se observó una tendencia que, a medida que se aumentaban los niveles de fertilización nitrogenada, se incrementaba el rendimiento desde 25.88 (t ha año⁻¹) para el Nivel 0 %, hasta 69.17 (t ha año⁻¹), para el nivel de 150 %.

Con respecto a la separación de medias realizada por la prueba de Tukey, para el RMFT no se encontró diferencias significativas para los niveles, 50, 100 y 150 % con producciones de 55.13, 62.03, y 69.17 t ha año⁻¹, sin embargo difieren significativamente del nivel I, representando la menor producción con 25.88 t ha año⁻¹ (Figura 6).

Se ha demostrado que el crecimiento de Moringa, es mayor si el suministro de nutrientes a la planta aumenta a partir de un determinado nivel, esto se explica por Liebigen 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 momento 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 Aráuz y Romero 2009).



*Letras = no difieren, letras difieren

Figura 6. Efectos de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total (t ha año⁻¹) de *Moringa oleifera*.

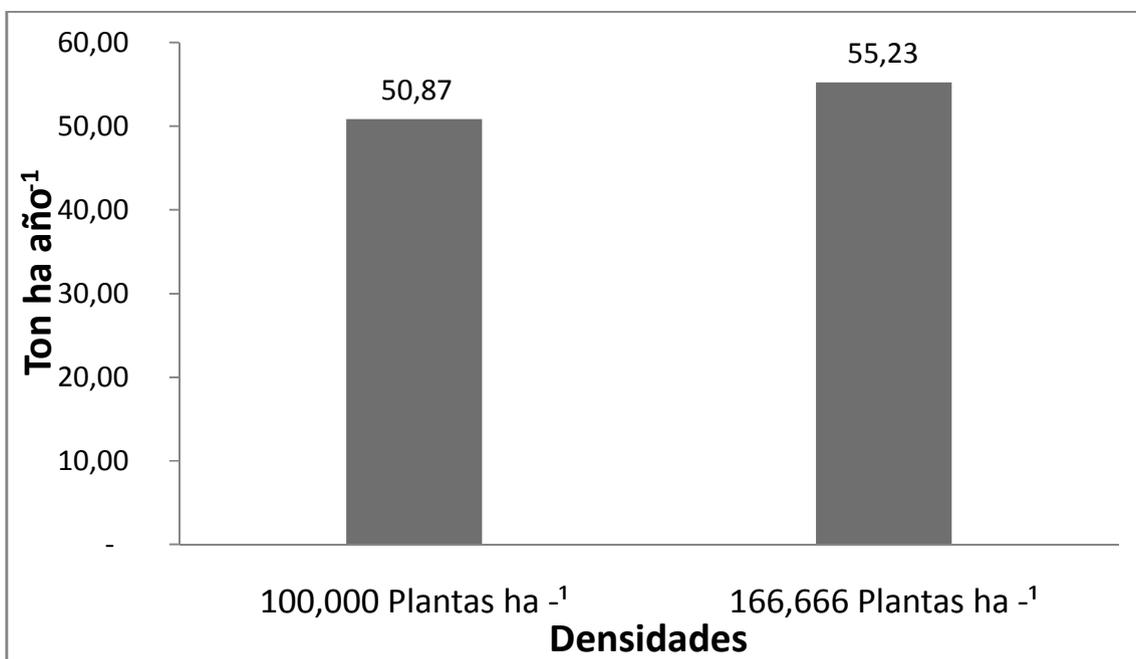
En el estudio efectuado por Aráuz y Romero (2009), obtuvieron una producción de biomasa de 188.45 (t ha año⁻¹) para los niveles de fertilización 150 %, este rendimiento se obtuvo con frecuencia de corte de 45 días, siendo mayores a nuestros resultados en 119.28 (t ha año⁻¹) para el máximo nivel (Figura 6).

La diferencia que se obtuvo en el rendimiento se debe a que, los factores climáticos 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, sino también perturbar todas las reacciones bioquímicas del metabolismo, e incluso, provocar daños mecánicos en el citoplasma y muerte celular (Pérez y Martínez, 1994).

Por consiguiente la precipitación no fue normalmente distribuida durante todo el año según la norma histórica de la zona en nuestro país, en el mes de Octubre se obtuvo la mayor precipitación con 455.6 mm, representado el 44.9 % del total de la precipitación media anual, seguido del mes de Junio con 171.1 mm y en los demás meses hubo baja precipitación reduciendo el rendimiento de Moringa. INETER, (2009) (Anexo 12 y 15).

Durante la realización de este trabajo, se obtuvo una precipitación media anual de 1014.8mm, la cual no tuvo una distribución parcial (Anexo 12).

No se encontraron efectos significativos para el factor densidad de siembra, sin embargo las producciones mostraron una tendencia mayor de 4.36 t ha año⁻¹ cuando se usó la segunda densidad, tal como puede apreciarse en la Figura 7.



*Letras = no difieren, letras difieren

Figura7. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total (t ha año⁻¹) de *Moringa oleífera*.

Estudios realizados por Aráuz Romero (2009), con las mismas densidades de siembra y frecuencia de corte, obtuvieron la misma tendencia.

Guevara *et al.*, (1978). Afirman Similares experimentos con otros arbustos forrajeros han reportados que a mayores densidades de siembra hay mayores rendimientos de biomasa.

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

4.2 Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina RMFFF (t ha año⁻¹)

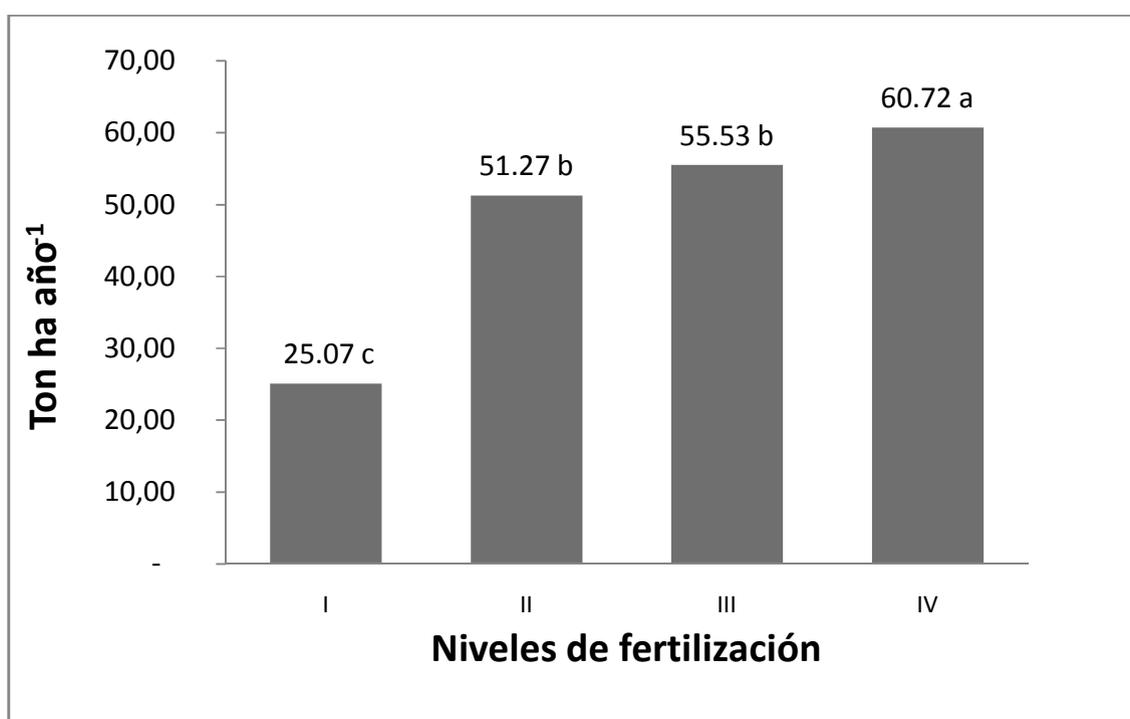
Para el rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina, el análisis de varianza muestra que hubo diferencia significativa para la variable fertilización ($P < 0.05$), y no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para las otras variables en estudio (Anexo 3).

En la Figura 8, se muestra la comparación de medias por la prueba de Tukey para el Rendimiento MFFF, mayor rendimiento para el nivel 150 % con (60.72 t ha año⁻¹) el cual difiere estadísticamente de los niveles de 100% (55.23 t ha año⁻¹), el nivel 50% (51.27 t ha año⁻¹) y nivel 0% (25.07 t ha año⁻¹), difiere de los demás niveles.

Se obtuvo rendimientos inferiores a los encontrados por Aráuz y Romero (2009), quienes reportan mayor tendencia en la producción de materia fracción fina con 143.31 t ha año⁻¹, para el máximo nivel de fertilización de 150 %.

Según Fuentes (1999), mencionan numerosos factores inherentes al medio (suelo y clima), que influyen sobre el mayor o menor grado de asimilación de los elementos nutritivos. Guardiola y García (1990), mencionan que las plantas son muy sensibles a una disminución en el contenido de agua, fenómeno que provoca de inmediato la reducción y aún la detección del crecimiento.

Así mismo, Tapia y Camacho (1988) citado por Palacio y Montenegro (2006), afirman que las diferentes épocas en que se establezca el cultivo puede afectar el rendimiento y las variables relacionadas con este.



*Letras = no difieren, letras difieren

Figura 8. Efectos de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (t ha año⁻¹) de *Moringa oleífera*.

La densidad de plantas no difiere estadísticamente en la producción de MFFF, lo cual la primera densidad presentó mayor producción con 46.17(t ha año⁻¹) y la segunda con 50.13(t ha año⁻¹) respectivamente.(Figura 9).

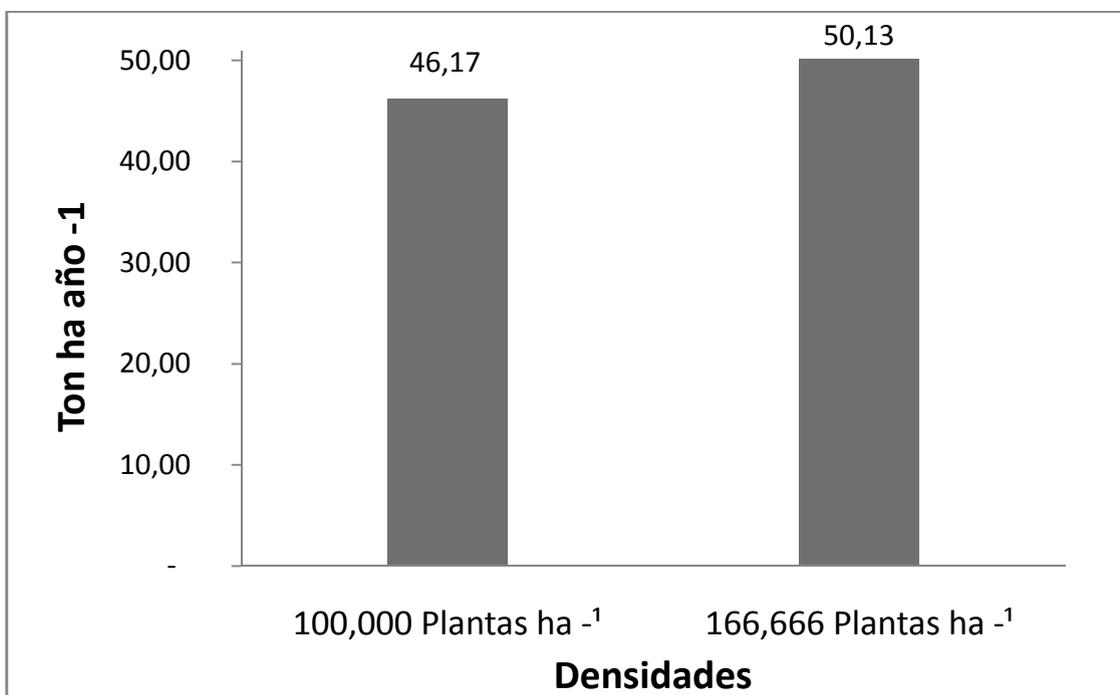


Figura 9. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (t ha año⁻¹) de *Moringa oleifera*.

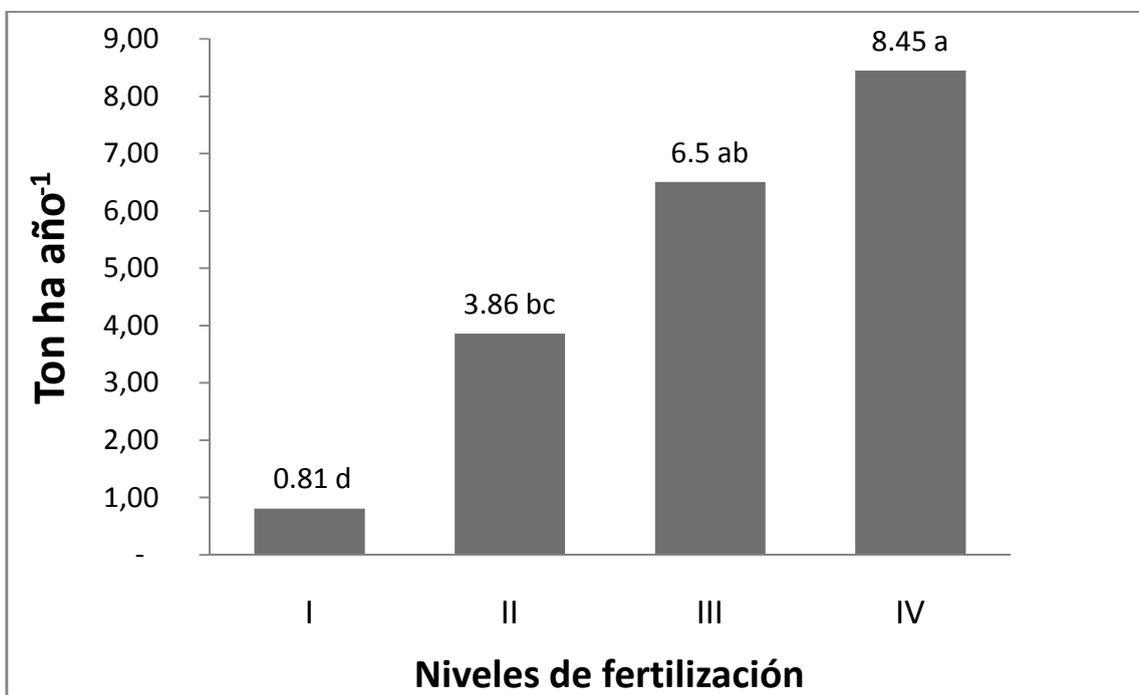
4.3 Rendimiento de Materia Fresca Fracción RMFFG (t ha año⁻¹)

Es considerada Fracción gruesa cuando una planta presenta tallos con diámetros mayores de 5 mm.

Se encontró en el análisis de varianza para la Materia Fresca Fracción Gruesa, efectos significativos ($P < 0.05$) para los factores bloque, fertilización (Anexo 4).

Al realizar las separaciones de medias por la prueba de Tukey para el RMFFF, mostró que no se encontraron diferencias significativas para los niveles 150 y 100% con producciones de 8.45, 6.5, 3.86 t ha año⁻¹, Sin embargo, muestran diferencias significativas respecto a nivel 0% con 0.81 t ha año⁻¹.

Los resultados encontrados en nuestro ensayo, son menores a los reportado por Flores y Duarte (2004) quienes obtuvieron 7.45 (t ha año⁻¹), con la misma frecuencia de corte.



*Letras = no difieren, letras difieren

Figura 10. Efectos de diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (t ha año⁻¹) de *Moringa oleifera*.

Sin embargo, Aráuz y Romero (2009) en sus resultados obtuvieron mayores rendimientos con los niveles de 100% (47.82 t ha año⁻¹) y 150% (45.14 t ha año⁻¹), estos resultados se pueden explicar, ya que durante nuestro experimento se presentó un desequilibrio en la distribución de la precipitación durante todo el año (Anexo 12), de la misma manera la temperatura media mensual (Anexo11) con respecto a la norma histórica de precipitación y temperatura anual; lo cual afectó la producción de biomasa, disminuyendo el rendimiento de *Moringa oleifera*.

Al analizar estadísticamente las densidades entre plantas, no se encontró diferencias significativas entre ambas densidades estudiadas, con un rendimiento de 4.70 t ha año⁻¹ y 5.10 t ha año⁻¹, respectivamente. (Figura 11).

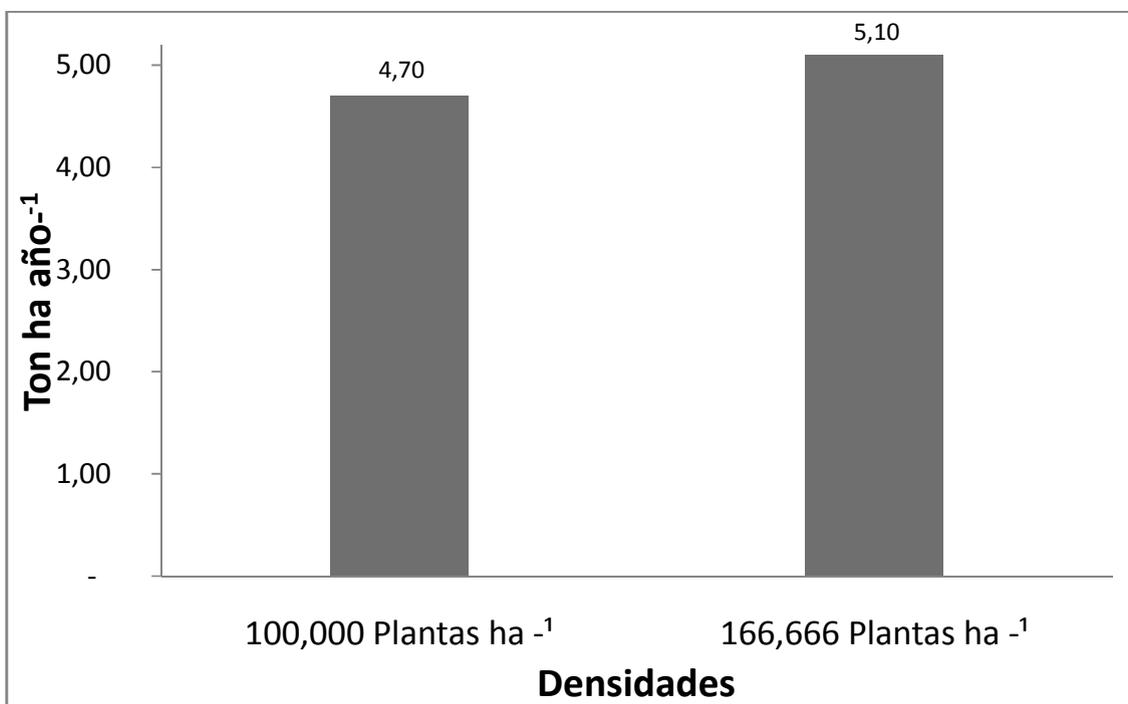


Figura 11. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa(t ha año⁻¹)de *Moringa oleífera*.

4.4 Rendimiento de Materia Seca Total RMST (t ha año⁻¹)

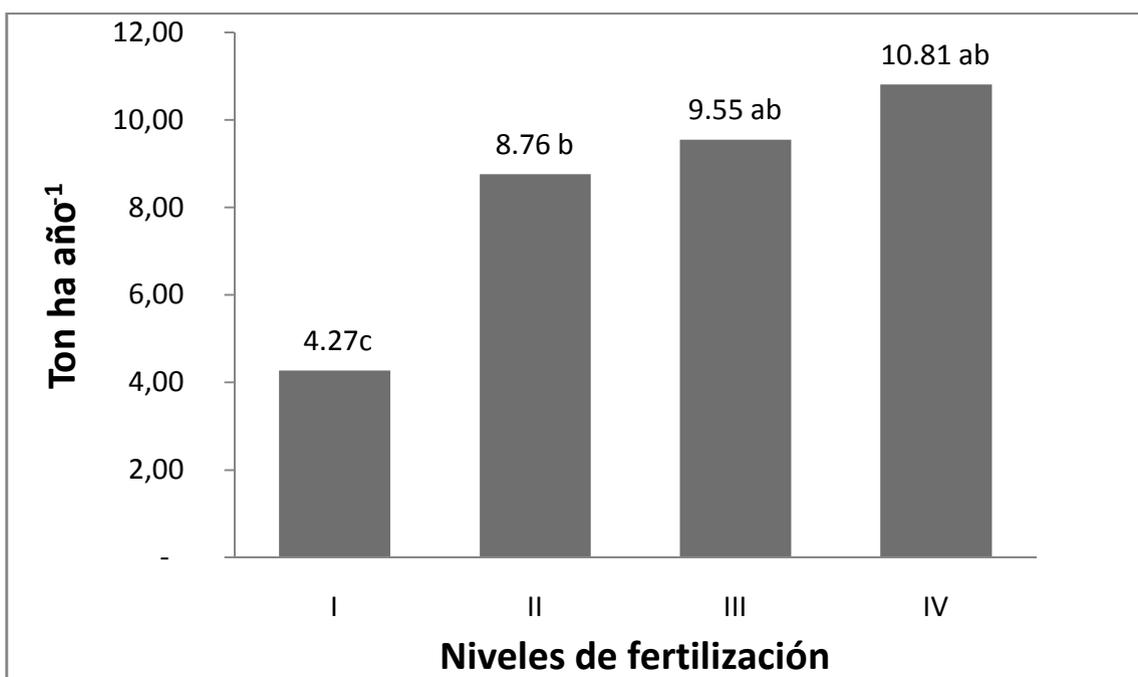
La Materia Seca, se refiere a la cantidad de material que queda después de que el forraje o el alimento ha sido sometido a un proceso de secado, o sea cuando se le ha extraído el agua. En la ms, es donde se encuentran los nutrimentos del forraje.

Para la variable Materia Seca Total, el análisis de varianza para el factor fertilización obtuvo efectos significativos ($P < 0.05$) (Anexo 5).

Para la variable RMST, en la separación de medias, no se encontró diferencias significativas para los niveles 50, 100 y 150 % con 8.76 10.81 y 9.55 (t ha año⁻¹). Sin embargo, muestran diferencias significativas respecto a nivel 0% con 4.27 (t ha año⁻¹)(Figura 12).

Nuestros resultados muestran que mientras mayor sea la aplicación de nitrógeno en el suelo, va a aumentar la producción de materia seca en las plantas (Figura 12), esto se debe a la menor competencia por los nutrientes, lo que provoca un incremento en los niveles de carbohidratos que requieren las plantas para la respiración y crecimiento, lo cual influye notablemente en el desarrollo del área foliar.

El comportamiento de esta variable con relación a los niveles de fertilización, es inferior a los reportados por Arauz y Romero (2009), con mayores rendimientos para todos los niveles de fertilización. Estos resultados se deben a que las precipitaciones durante el periodo de evaluación fueron bajas en comparación al estudio antes mencionado (Anexo 14), cabe señalar que cuando hay baja disponibilidad de humedad en el suelo provoca que los nutrientes no ejerzan su función sobre las actividades fisiológicas de la planta, limitando el rendimiento (Lira, 1994).



*Letras = no difieren, letras difieren

Figura 12. Efectos de diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Total (t ha año⁻¹) de *Moringa oleífera*.

En la Figura 13, se observa que el rendimiento para la primera densidad fue de 8.05 (t ha año⁻¹), seguida de la segunda densidad con 8.65 (t ha año⁻¹), mostrando efectos no significativos.

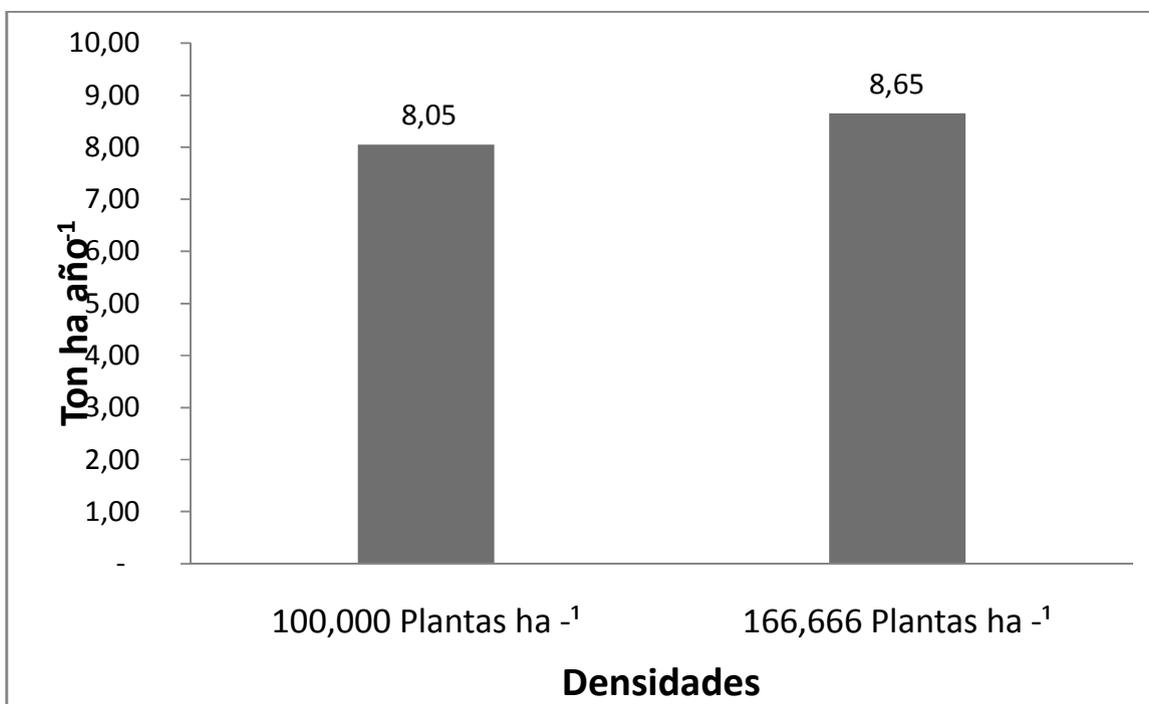


Figura 13. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Total (t ha año⁻¹) de *Moringa oleifera*.

Nuestros resultados muestran que al aumentar los tratamientos de fertilización, la producción se incrementó y por consiguiente la producción de materia seca de *Moringa* será mayor.

Ella *et al.*, (1991) mencionan que, las plantas podadas con menos frecuencia pueden ser atribuidas a que estas logran una mayor edad fisiológica, lo que está relacionado con una alta acumulación de materia seca. Según Sánchez (1985), el rendimiento está influenciado por factores ambientales y el manejo que se le dé al cultivo (densidades de siembra, control de malezas, fertilización, etc.).

4.5 Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina RMSFF (t ha año⁻¹)

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

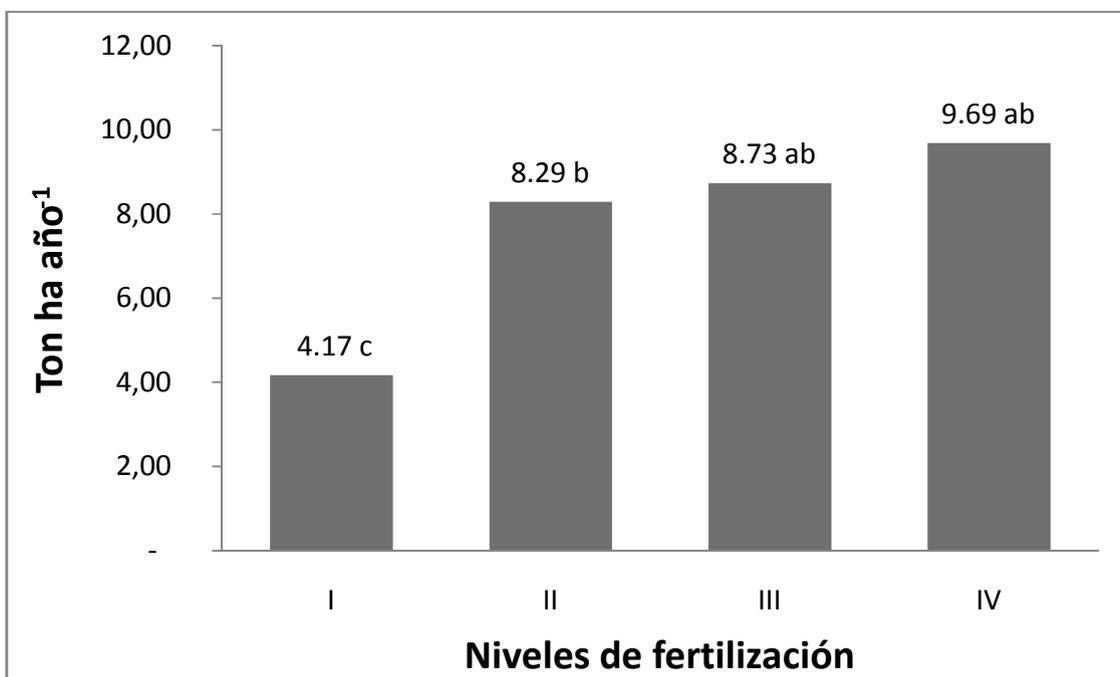
El análisis de varianza para RMSFF, resulta que los diferentes niveles de fertilización ejercen efectos significativos ($P < 0.05$) y los demás factores no produjeron efectos significativos ($P > 0.05$) (Anexo 6).

Al realizar la separación de media por Tukey se encontró que los niveles 50, 100 y 150 % produjeron rendimientos de 9.69, 8.73, 8.29 t ha año⁻¹, lo cual no difieren estadísticamente entre sí, sin embargo difieren significativamente del nivel 0% que presentó una producción de 4.17 t ha año⁻¹.

Los resultados obtenidos en este trabajo, son menores que los reportados por Arauz y Romero (2009), presentando mayores rendimientos, esto probablemente se debe a las bajas precipitaciones durante el periodo de evaluación, ya que se obtuvo aproximadamente el 50% de precipitación en el mes de octubre, cabe mencionar que ambas precipitaciones media anuales fueron similares; con la diferencia que no se obtuvo en este estudio una normal distribución de precipitación, afectando a la planta en la absorción de nutrientes, por la falta de disponibilidad de humedad y por consiguiente una disminución en el rendimiento.

La Figura 15, refleja que el rendimiento incrementa a medida que se aumenta la aplicación de fertilizantes, lo cual habrá menos competencias 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), afirma 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.

Las aplicaciones de N y P, estimulan el desarrollo del área foliar porque incrementan la distribución de foto asimilados para el desarrollo aéreo, lo cual provoca un desarrollo más vigoroso de las plantas (Mahod y Child, 1974, citado por Miquilena, *et al.*, 1997).



*Letras = no difieren, letras difieren

Figura 14. Efectos de diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada el Rendimiento de Materia Seca Facción Fina(t ha año⁻¹)de *Moringa oleífera*.

La densidad 100,000 plantas ha⁻¹ obtuvo la menor producción con 7.45 t ha año⁻¹ y la densidad 166,666 plantas ha⁻¹ con 7.98 t ha año⁻¹, ambas no difieren estadísticamente (Figura 15).

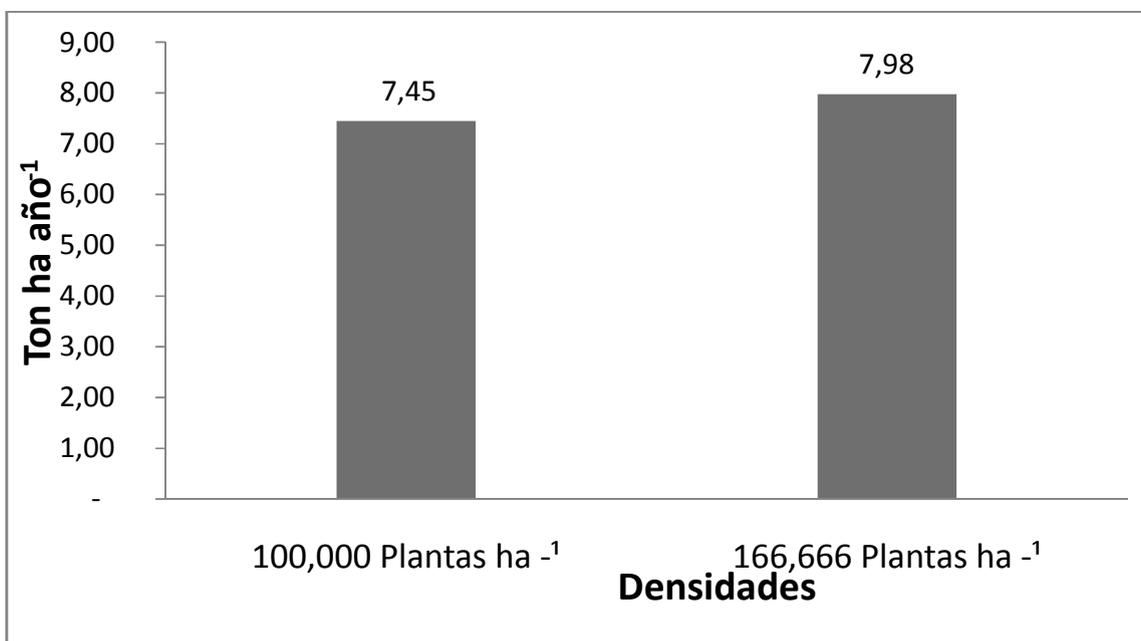


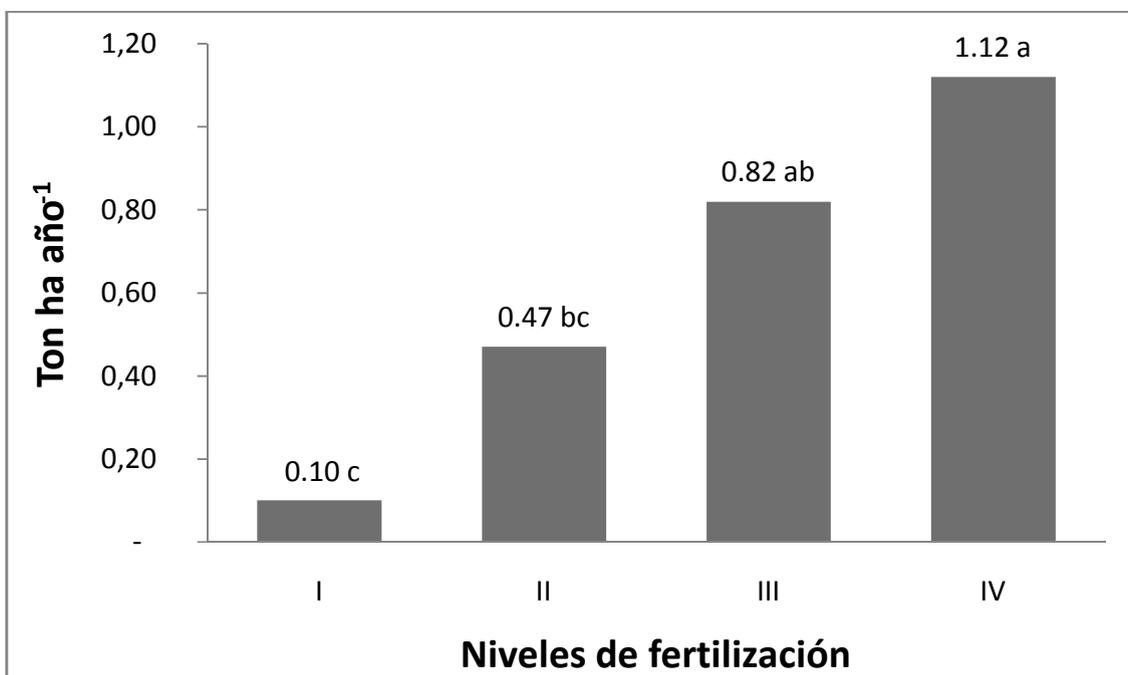
Figura 15. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (t ha año⁻¹), de *Moringa oleífera*.

Sin embargo, Fuentes(1999), menciona que numerosos factores inherentes al medio (suelo y clima), influyen sobre el mayor o menor grado de asimilación de nutrientes. La producción de *M. oleífera*, durante el periodo de evaluación se vio afectado por las precipitaciones provocando que los nutrientes del suelo, no ejercieran su función sobre las actividades fisiológicas de la planta limitando dicho rendimiento. Lira (1994), afirma cuando la transpiración se reduce, debido al déficit hídrico la producción de biomasa disminuye.

4.6 Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa RMSFG (t ha año⁻¹)de *Moringa oleífera*.

El análisis de varianza refleja que, solamente la fertilización ejerce efectos altamente significativos ($P < 0.05$) (Anexo 7), las demás variables no ejercen diferencias significativas.

Al realizar las comparaciones de media por la prueba de Tukey, el nivel de 150% obtuvo una producción de 1.12 t ha año⁻¹, seguido del nivel 100 % (0.82 t ha año⁻¹), dichos niveles no difieren estadísticamente entre sí, este último no difiere estadísticamente del nivel de 50 % (0.47 t ha año⁻¹) y del nivel 0% con producción de 0.10 (t ha año⁻¹) (Figura 16).



*Letras = no difieren, letras difieren

Figura 16. Efectos de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (t ha año⁻¹) de *Moringa oleífera*.

Aráuz y Romero (2009), obtuvieron resultados superiores, con rendimientos hasta de 47.82 t ha año⁻¹ que corresponde al nivel 100 % mostrando la misma tendencia.

Estos resultados nos indican que a medida que aumenta el nivel de fertilización 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 biológicas.

Como se ha venido mencionando, las condiciones ambientales durante el experimento no permitieron obtener mayores resultados en el rendimiento de *Moringa*. Flores y García (1998), el rendimiento es el resultado de muchos factores biológicos, ambientales y del manejo que se le dé al cultivo, los cuales se relacionan entre sí.

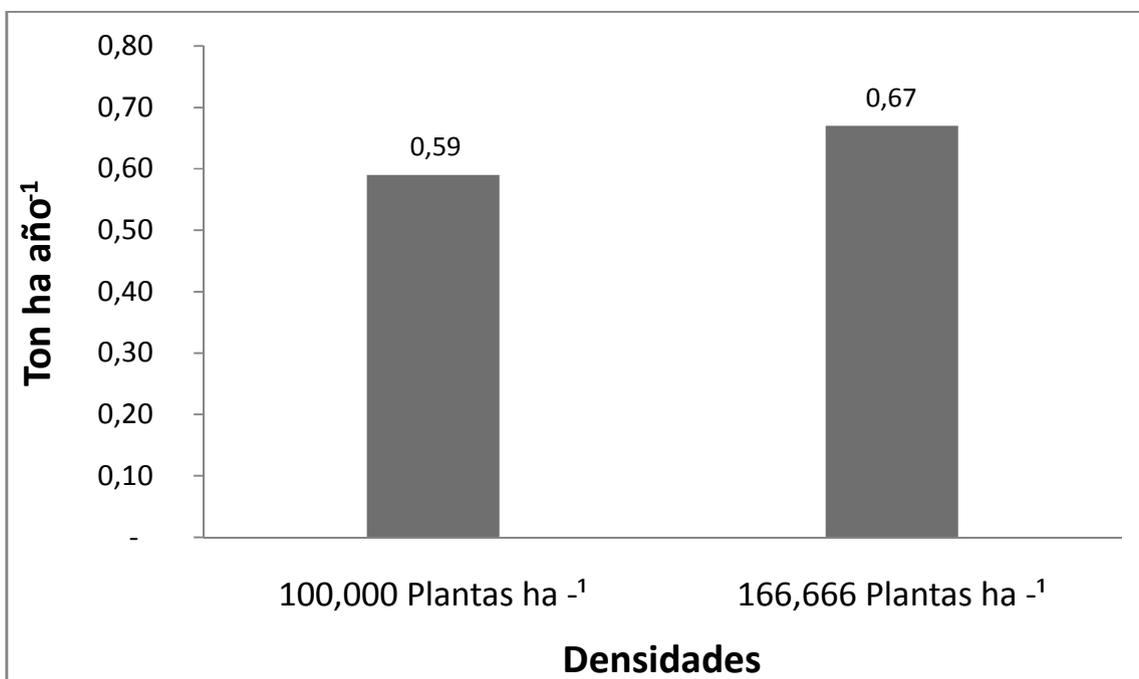


Figura 17. Efecto de la densidad de siembra sobre el Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa(t ha año⁻¹)de *Moringa oleifera*.

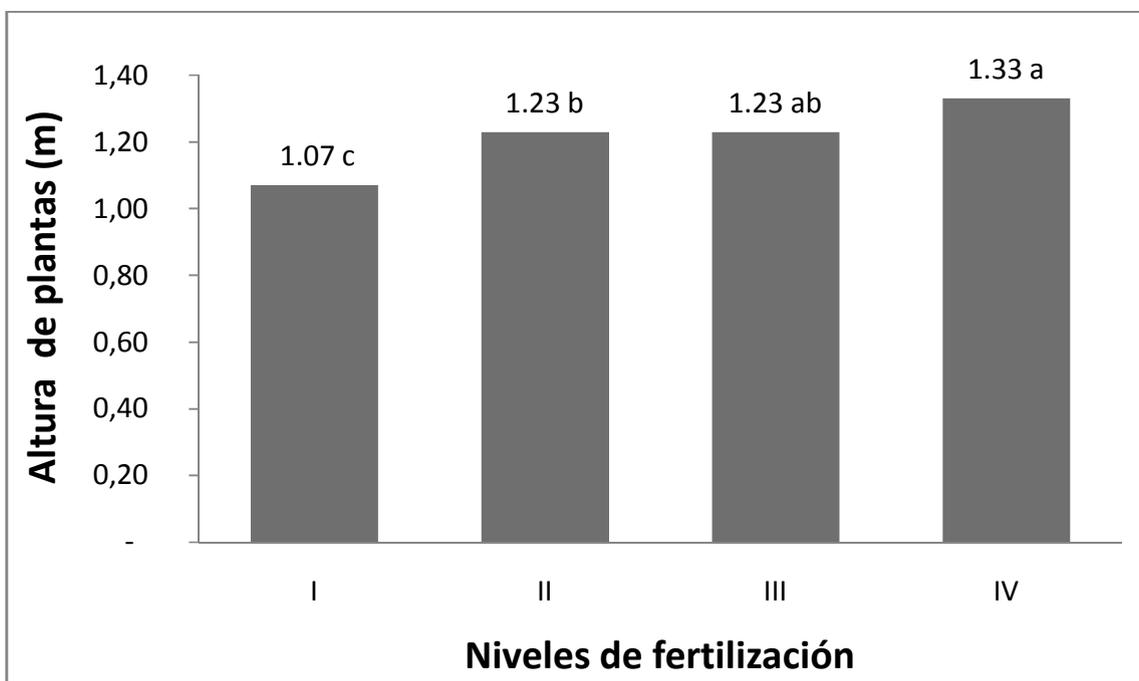
La densidad de siembra, estadísticamente, no tuvo efectos significativos sobre RMSFG, la primera densidad con 0.59 (t ha año⁻¹) y la segunda densidad que presentó 0.66(t ha año⁻¹), respectivamente. (Figura 17).

4.7 Altura promedio de las Plantas (m)

La altura de la planta, en 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.

En el Anexo 8, El análisis de varianza de la altura promedio de las plantas, obteniéndose diferencias significativas ($P < 0.05$) para el factor bloque y fertilización.

Al realizar la separación de media por Tukey (Figura 19), muestra que la mayor altura se obtuvo con los niveles de 150% presentando 1.33 m, el nivel de 100% con 1.23 m y el nivel 50 % con 1.23 m de altura, estos no difieren significativamente entre sí, pero si difieren del nivel de 0% con una altura de 1.07 m (Figura 18).



*Letras = no difieren, letras difieren

Figura 18. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la altura promedio de las plantas (m) de *Moringa oleífera*.

El rápido desarrollo de *M. oleífera*, es una particularidad de la especie. Al respecto, Toral (2005) citado por Medina *et al.*, (2007) observó el mismo comportamiento al evaluar el establecimiento en campo de 67 especies de arbóreas forrajeras, donde *M. oleífera* superó en cuanto a rapidez de establecimiento al resto, incluyendo *L. leucocephala*, al alcanzar a los siete meses la altura de explotación (2 m).

Como se ha venido mencionando si aumentamos los niveles de fertilización, el rendimiento será mayor, sin embargo estos resultados son menores comparados a los de Aráuz y Romero (2009), debido a las variaciones climatológicas 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.

La altura no muestra diferencias estadísticas con respecto a las diferentes densidades de siembra (Figura 19).

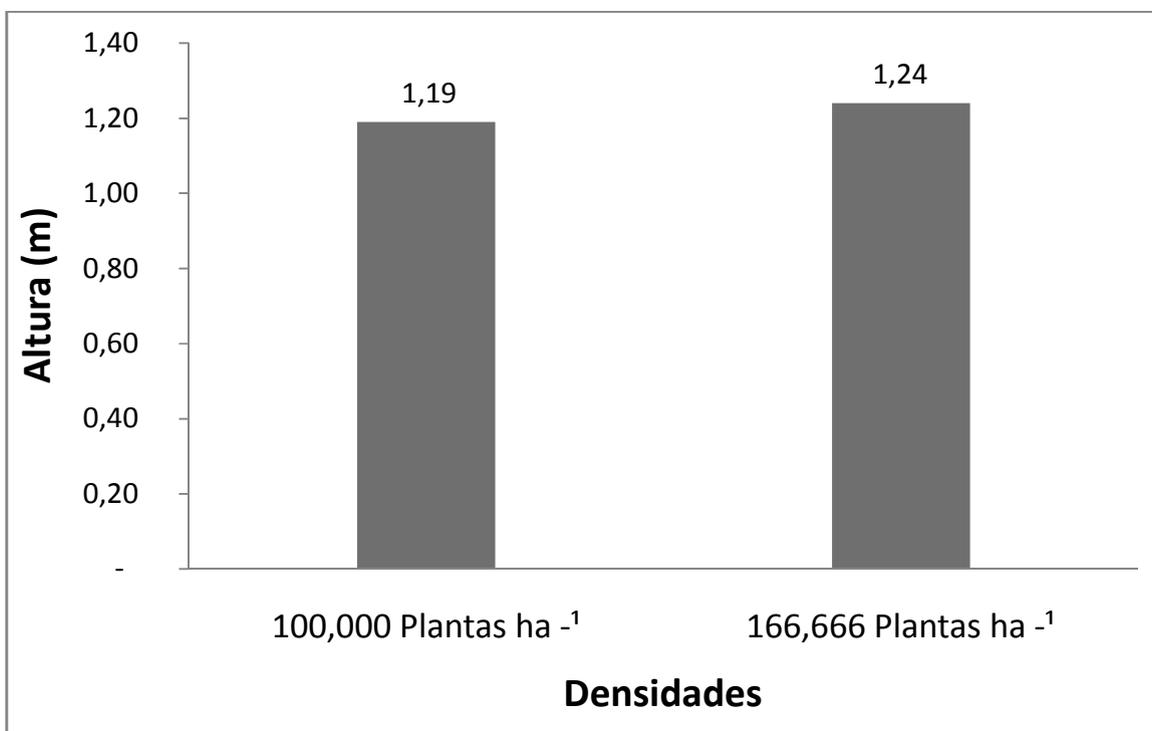


Figura 19. Efecto de la densidad de siembra sobre la altura promedio de las plantas (m) de *Moringa oleifera*.

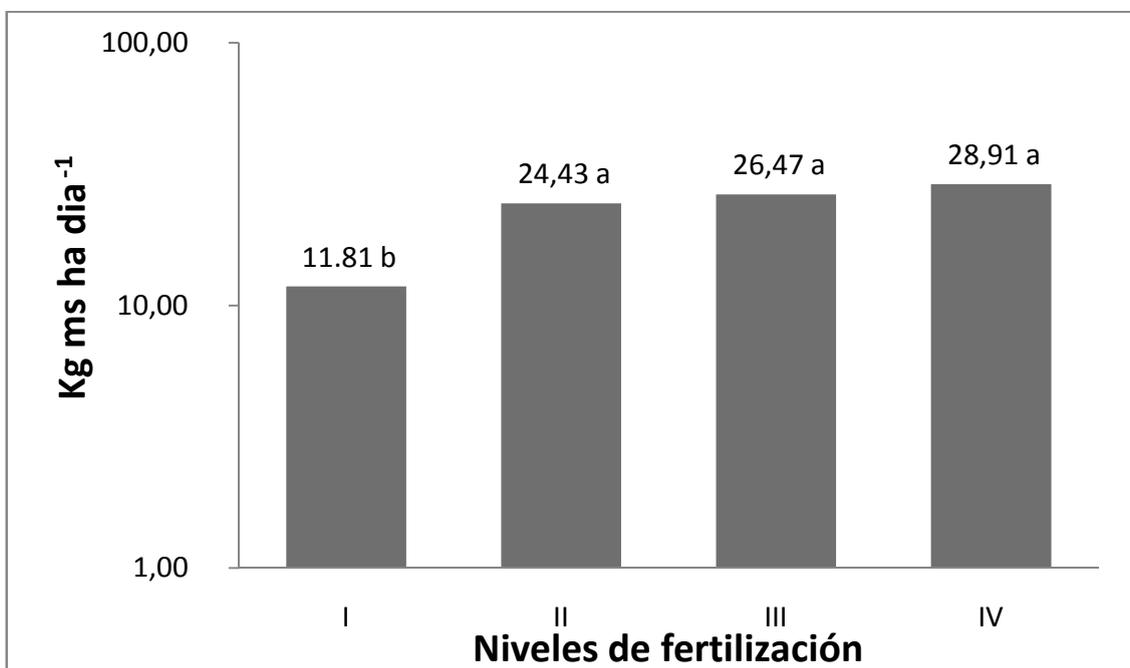
4.8 Tasa de crecimiento (TC)

El Marango tiene una alta tasa de crecimiento y capacidad para producir altas cantidades de materia fresca por metro cuadrado con altas densidades de siembra.

En el Anexo 9, se puede observar los resultados obtenidos en el análisis de varianza, que se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) para los efectos de bloques y fertilización. Y para densidad y las interacciones bloque y densidad y densidad y fertilización no se encontró diferencias significativas.

Al realizar la comparación de medias por Tukey, con respecto a la fertilización se encontró los mayores rendimientos se obtuvieron con el 150 %, ($28.91 \text{ kg ms ha día}^{-1}$), 100 %, ($26.47 \text{ kg ms ha día}^{-1}$), 50%, ($24.43 \text{ kg Ms ha día}^{-1}$). Lo cual no muestran diferencia significativa entre ellos, pero si difieren del nivel 0%, ($11.81 \text{ kg ms ha día}^{-1}$) que presenta el menor grado de crecimiento (Figura 20).

Lira (1994), menciona Debido a que cuando hay baja disponibilidad de humedad en el suelo provoca que los nutrientes no ejerzan su función sobre las actividades fisiológicas de la planta limitando dicho rendimiento



*Letras = no difieren, letras difieren

Figura 20. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la Tasa de crecimiento(kg ms ha día⁻¹) de *Moringa oleífera*.

La densidad de siembra no tuvo efecto significativo sobre la tasa de crecimiento (Figura 19). Lo antes mencionado muestra que *Moringa*, además de tolerar la sequía es capaz de crecer durante el periodo seco.

4.9Mortalidad

El porcentaje de mortalidad de *Moringa oleífera*, para las diferentes densidades: 100,000 plantas ha⁻¹ (4.82 %) y 166,666 plantas ha⁻¹ (18.08 %), como se observa en la Figura 21.

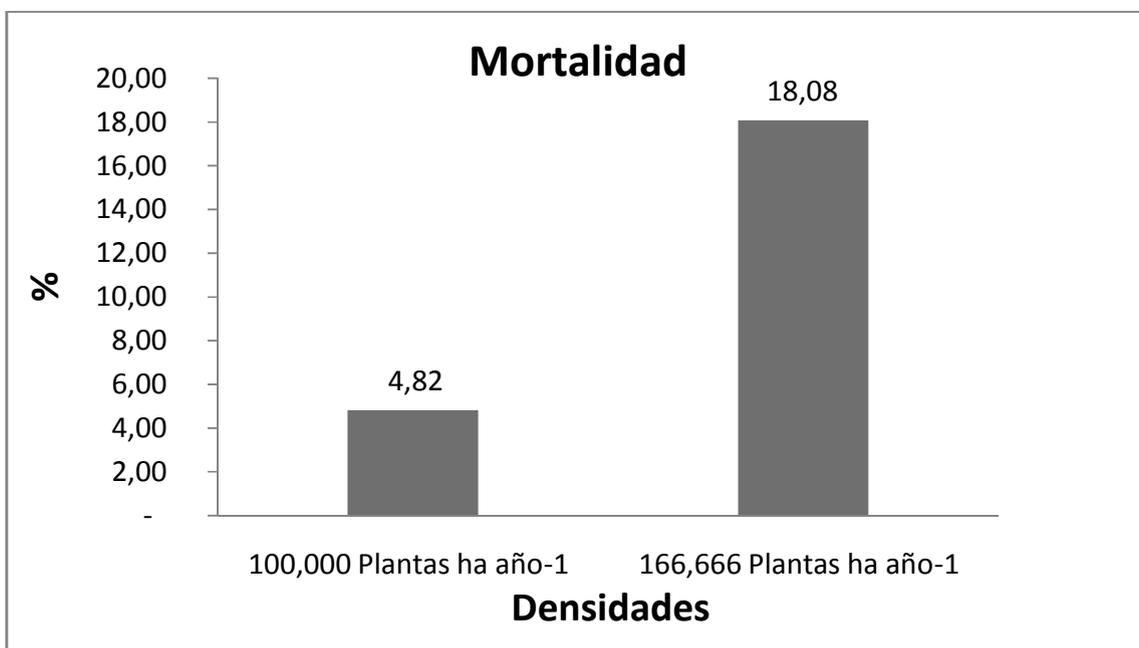


Figura 21. Efecto de la densidad de siembra sobre la mortalidad de las plantas (%) de *Moringa oleífera*.

Estos resultados difieren con los encontrados por Aráuz y Romero (2009), obteniendo el 100 % de sobrevivencia de *Moringa*.

La Precipitación tuvo efectos sobre el rendimiento de biomasa de *Moringa*. Pérez y Meléndez (1980), citado por Jiménez (2006) menciona que la respuesta de las plantas al medio en que se desarrollan, está estrechamente ligada a la acción que sobre ella ejercen los elementos climáticos (luz, temperatura, humedad) fertilidad del suelo y manejo (defoliación y fertilización).

IV. CONCLUSIONES

Al estimar el efecto que ejerce los diferentes niveles de fertilización y densidades de siembra sobre el rendimiento de biomasa de *M. oleífera*; se concluyelo siguiente:

Los diferentes niveles de fertilización, tienen efectos significativos sobre el rendimiento de *M. oleífera*, para todas las variables en estudio RMFT, RMFFF, RMFFG, RMST, RMSFF, RMSFG, Altura y Tasa de crecimiento.

Las diferentes densidades de siembra no presentan efectos significativos sobre el rendimiento de MFT, MFFF, MFFG, MST, MSFF, MSFG y Altura de *M. oleífera*.

La densidad de siembra presenta efectos significativos para la variable Mortalidad.

Los mayores rendimientos de *Moringa oleífera* se obtuvieron con los niveles de 100% y 150 % de fertilización, siendo el nivel 0% el que presentó menores rendimientos para todas las variables en estudio.

VI. LITERATURA CITADA

- Argel, P.J.; Hidalgo, C.; González, J.; Lobo, M.; Acuña, V., Jiménez, C. 20. 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.
- Aráuz, D.; Romero Z. 2009. Efectos de diferentes densidades de siembra y niveles de fertilización sobre el rendimiento de *Moringa oleífera*, Managua, Nicaragua. Tesis. Ing. en Zootecnia, Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Managua. 41 p.
- Benavides J.E. 1993. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Árboles y arbustos forrajeros: Una alternativa agroforestal para la ganadería. Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- Ella, A.; Blair, G.J.; Jacobsen, C.N. 1991. Effect of plant density and cutting frequency on the yield of four tree legume and interplanted *Panicum maximum*. C. V. Riversdale. Tropical Grasslands. 25(3).281-286.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1992. Necesidades de vitaminas A, Fe, Folato y Vitamina B12 informe de una consulta mixta FAO/OMS de expertos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 1992.
- Foild, N., Mayorga, L., Vásquez, W. 1999. Utilización del Marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para ganado. Conferencia Electrónica de la FAO sobre la Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica.
- www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm.
- Fuentes Yagüe, J.L. 1999. El suelo y los fertilizantes. Ministerio de agricultura pesca y alimentación Ed. Mundi-prensa. Madrid. 352 p. (5ª edición).

Flores, M.C.; García, J.M. 1998. Efectos de diferentes dosis y Fraccionamiento de Urea 46% de N sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de Ajonjolí (*Sesamunindicum L*) Variedad mexicana. Tesis Ing. Agr. FAGRO-E.P.V. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 45 p.

Guardiola J.L.; García L.A. 1990. Fisiología vegetal I: Nutrición y transporte. Ciencias de la vida. 440 p.

Guevara Benavidez, D.C.; Úbeda Ontiveros, J.M., Morillas Márquez, F. 1978 Phlebotominae de la provincia de Granada. Estudio de poblaciones. Rev. Ibér. Parasit., 38; 313-339.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2009. Reporte de datos Climatológicos de la Estación del Aeropuerto Internacional. Informe anual. Managua. Nicaragua.

Jiménez M A; 2006. Producción de biomasa de Nacedero (*Trichanthera gigantea*) en diferentes escenarios de sombra y frecuencias de cortes en el Rancho Ebenezer. Niquinomo, Masaya. Tesis. Ing. En zootecnia, Facultad de Ciencia Animal.UNA Managua 44 p.

Lira SR. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial trillas. México D. F. 237 p.

Medina M.G, García D.E. 2007. Estudio Comparativo de *Moringa oleífera* y *Leucaenaleucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. Instituto Nacional de Investigación Agrícola. Venezuela. Zootecnia tropical. Vol. 25. ISSN 0798-7289.

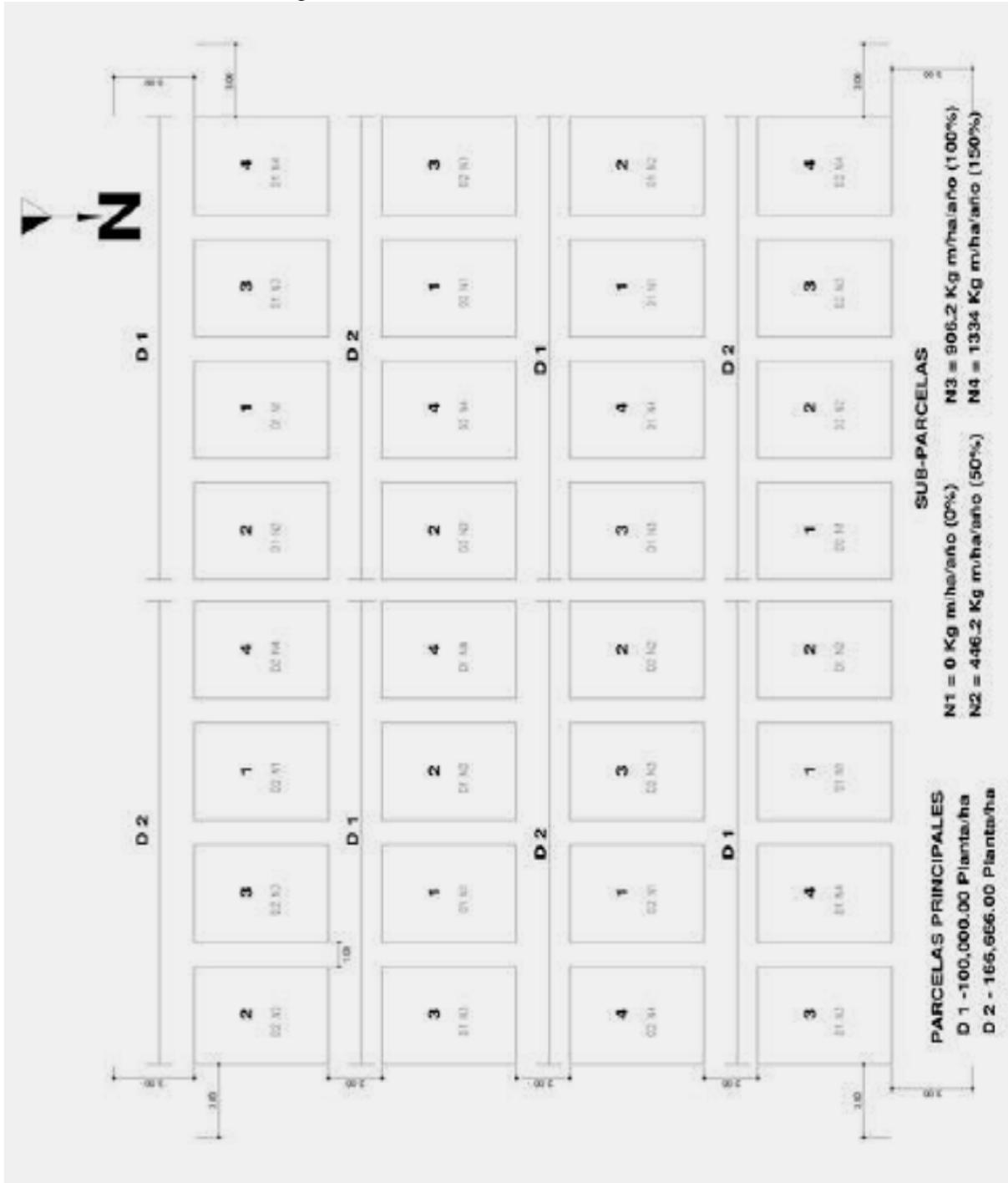
Mayorga, L.; Foild N. 2000. Cultivo del Marango para producción de proteína y energía.

<http://archivo.nuevodiario.com.ni/2000/marzo/26marzo2000/variedades/variedades2.html>.

- Miquilena, E.; Ferrer, O.; Clarero, T.; Razz R. 1997. Evaluación del contenido de Carbohidratos estructurales y no estructurales en dos ecotipos de *LeucaenaLeucocephala*(Lam) de Wit bajo diferentes niveles de fertilización con Nitrógeno y Potasio y diferentes periodos de evaluación. *Interciencia* 22(6): 320-324.<http://www.interciencia.org/v22-06/comunicaciones02.html>.
- Palacios L. A., Montenegro C.D. 2006. Efecto de cinco distancias en tres épocas sobre el crecimiento y rendimiento del Caupi Rojo (*Vignaunguiculata*(L)Walpers.Cuidad Darío , Matagalpa. Ing.AgrónomoGeneralista .45 p.
- Pathak, PS.; Raid; Debray, R. 1980. Forage production from kodbabool*LeucaenaLeucocephala Lam* de Wit. Effect of plant density, cutting intensity interval forage.
- Perez, G.; Martinez, LJ. 1994.Introducción a la Fisiología Vegetal. Madrid, España. (Mundi- prensa) 218 p.
- Reyes, CP.1990. El Maíz y su cultivo. AGT. Editorial México. Tercera Edición. México D F. PP 320-350.
- Toledo J. M. (Ed.). 1982. Manual para la evaluación Agronómica. Red internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT 168 p.
http://webapp.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/evaluacion_pasturas_01.pdf

VIII. ANEXOS

Anexo1.Plano de campo del área experimental con sus respectivas densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada.



Anexo 2. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Total (T ha año⁻¹)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	32917	10972	4.58	0.122
Densidad	1	1218	1218	0.51	0.527
Bloque*Densidad	3	7185	2395	0.79	0.499
Fertilización	3	69296	23099	7.65	0.000
Densidad*Fertilización	3	1321	440	0.15	0.932
Error	242	730822	3020		
Total	255				

Anexo 3. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (T ha año⁻¹).

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	22613	7538	3.48	0.167
Densidad	1	1004	1004	0.46	0.545
Bloque*Densidad	3	6498	2166	1.00	0.394
Fertilización	3	48300	16100	7.43	0.000
Densidad*Fertilización	3	1182	394	0.18	0.909
Error	242	524184	2166		
Total	255				

Anexo 4. Análisis de Varianza para el Rendimiento d Materia Fresca Fracción Gruesa (T ha año⁻¹).

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	1115.2	371.7	16.43	0.023
Densidad	1	10.3	10.3	0.46	0.547
Bloque*Densidad	3	67.9	22.6	0.21	0.887
Fertilización	3	2110.6	703.5	6.64	0.000
Densidad*Fertilización	3	11.0	3.7	0.03	0.991
Error	242	25649.3	106.0		
Total	255				

Anexo 5. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Seca Total (T ha año⁻¹)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	639.53	213.18	3.08	0.190
Densidad	1	23.08	23.08	0.33	0.604
Bloque*Densidad	3	207.42	69.14	1.13	0.339
Fertilización	3	1553.74	517.91	8.44	0.000
Densidad*Fertilización	3	46.90	15.63	0.25	0.858
Error	242	14850.69	61.37		
Total	255				

Anexo 6. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (T ha año⁻¹).

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	461.89	153.96	2.46	0.240
Densidad	1	17.76	17.76	0.28	0.631
Bloque*Densidad	3	187.81	62.60	1.34	0.262
Fertilización	3	1139.88	379.96	8.13	0.000
Densidad*Fertilización	3	40.79	13.60	0.29	0.832
Error	242	11314.22	46.75		
Total	255				

Anexo 7. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Seca Fracción Gruesa (T ha año⁻¹).

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	17.729	5.910	11.67	0.035
Densidad	1	0.350	0.350	0.71	0.461
Bloque*Densidad	3	1.481	0.494	0.29	0.832
Fertilización	3	37.237	12.412	7.32	0.000
Densidad*Fertilización	3	0.213	0.071	0.04	0.989
Error	242	410.134	1.695		
Total	255				

Anexo 8. Análisis de Varianza para la altura promedio de las Plantas (m)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	1.12678	0.37559	12.11	0.035
Densidad	1	0.12032	0.12032	3.88	0.143
Bloque*Densidad	3	0.09302	0.03101	0.38	0.796
Fertilización	3	2.21387	0.73796	8.99	0.000
Densidad*Fertilización	3	0.10730	0.03577	0.44	0.728
Error	242	19.86271	0.08208		
Total	255				

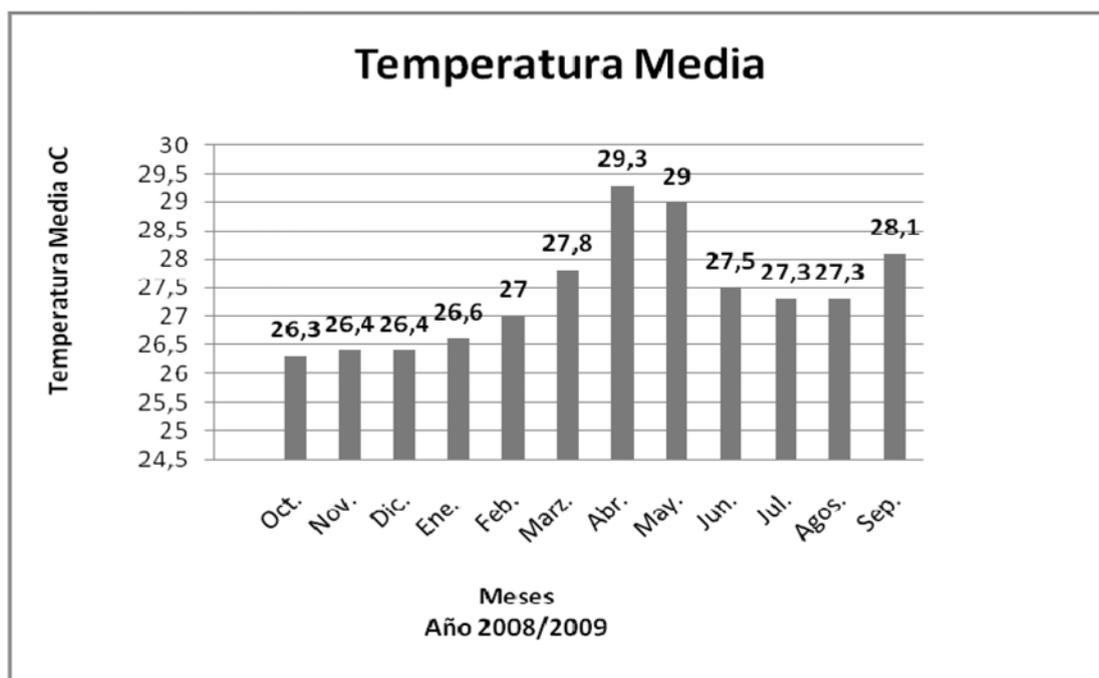
Anexo 9. Análisis de varianza para Tasa de crecimiento TC (Kg Ms ha día⁻¹)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	478.11	159.37	6.48	0.004
Densidad	1	12.21	12.21	0.50	0.490
Bloque*Densidad	3	262.20	87.40	3.55	0.035
Fertilización	3	1392.29	464.10	18.87	0.000
Densidad*Fertilización	3	31.28	10.43	0.42	0.738
Error	18	442.59	24.59		
Total	31				

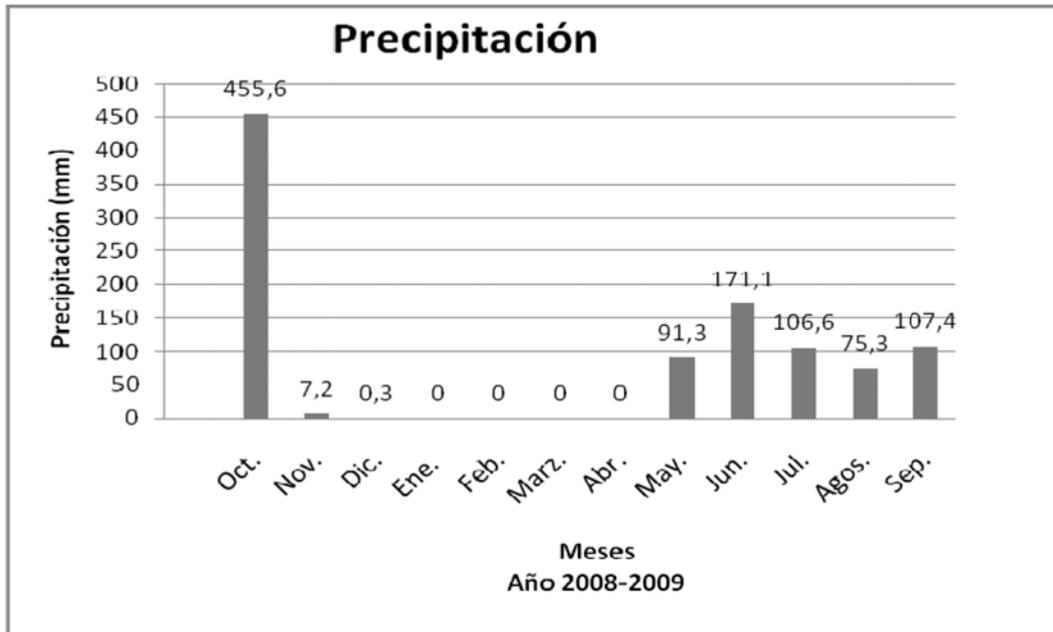
Anexo 10. Análisis de varianza para Mortalidad

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	913.76	304.59	5.36	0.008
Densidad	1	1405.83	1405.83	24.75	0.000
Bloque*Densidad	3	541.16	180.39	3.18	0.049
Fertilización	3	207.52	69.17	1.22	0.332
Densidad*Fertilización	3	60.68	20.23	0.36	0.785
Error	18	1022.62	56.81		
Total	31				

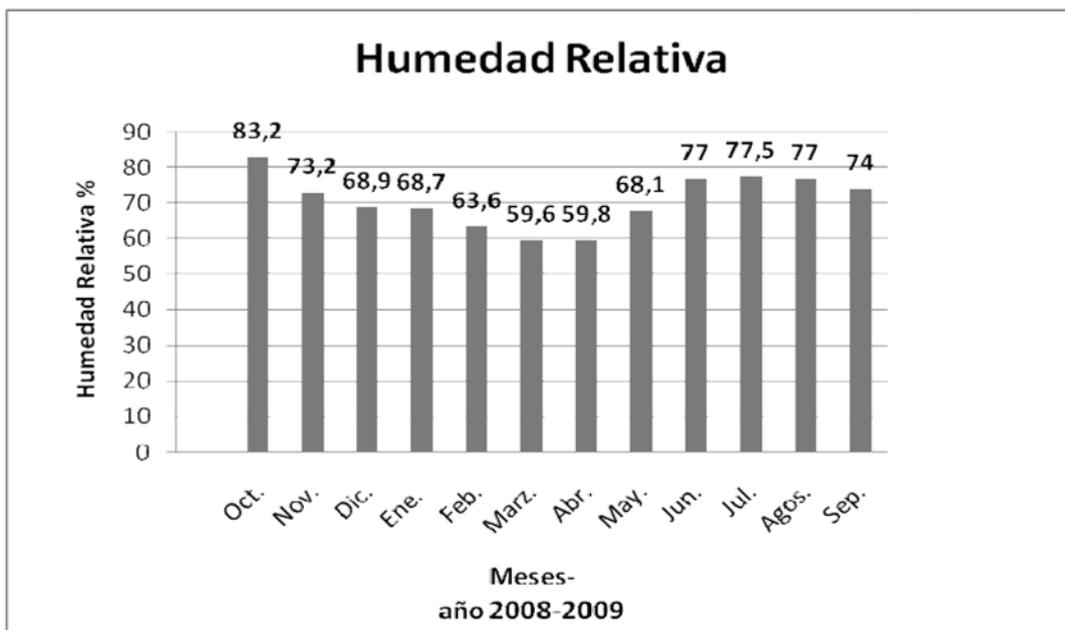
Anexo 11. Temperatura media mensual de la Estación Meteorológica de Aeropuerto Internacional Managua.



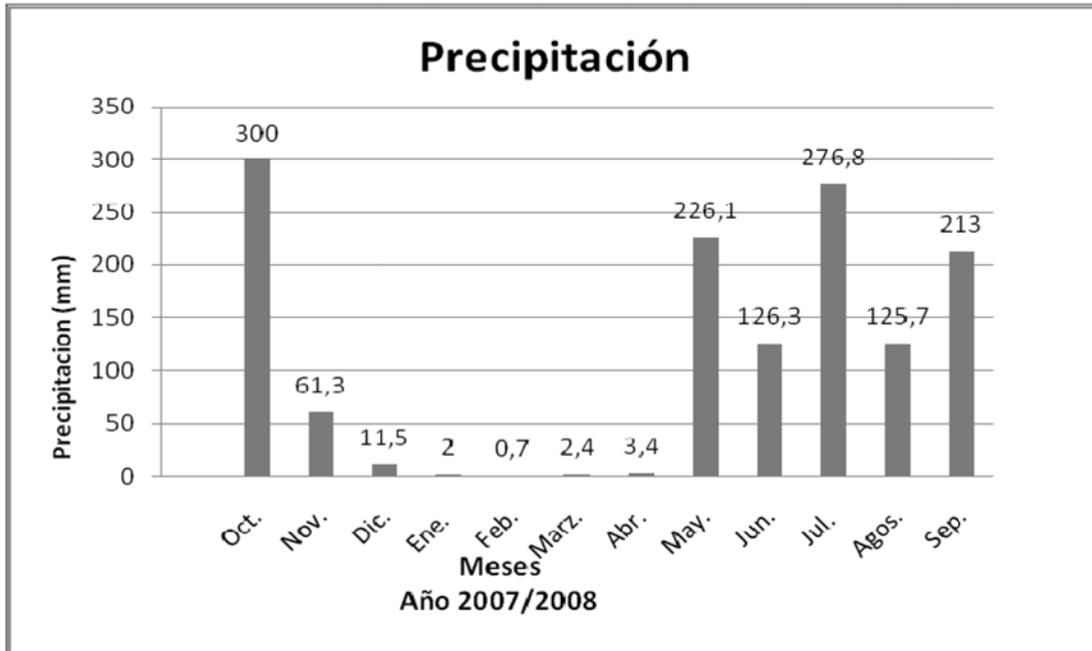
Anexo 12. Precipitación de la Estación Meteorológica de Aeropuerto Internacional Managua.



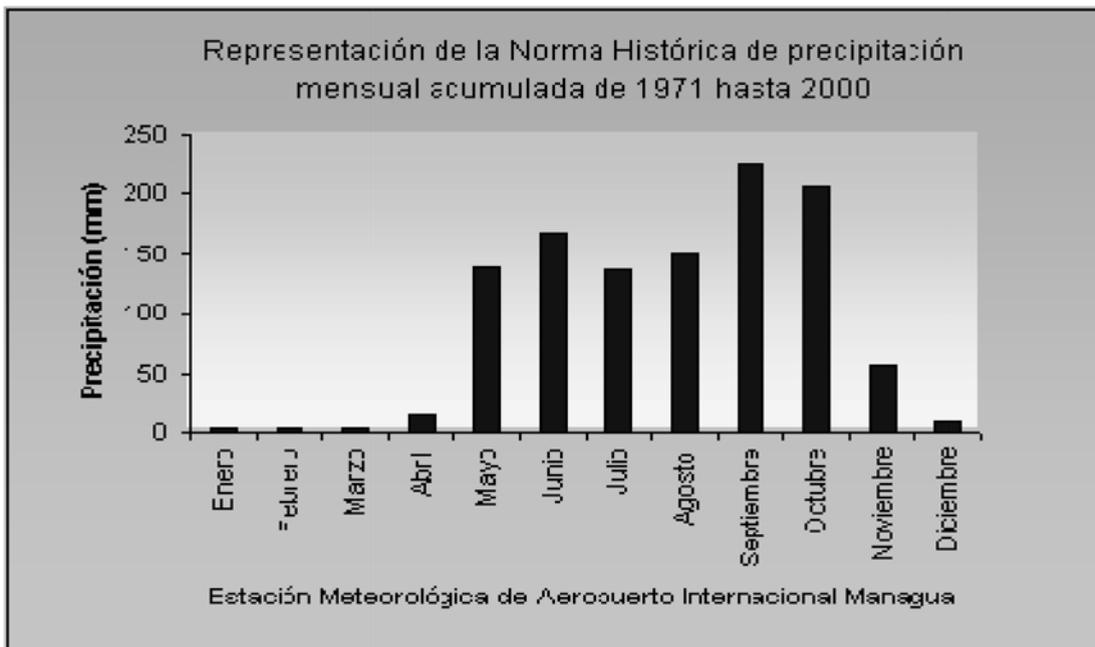
Anexo 13. Humedad Relativa (%) de la Estación Meteorológica de Aeropuerto Internacional Managua.



Anexo 14. Precipitación de la Estación Meteorológica de Aeropuerto Internacional Managua.



Anexo 15. Norma Histórica de Precipitación 1971-2000. Managua



Anexo 16. Norma Histórica de Temperatura 1971-2000. Managua

