



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

TESIS

**Producción de Biomasa de *Moringa oleifera* bajo diferentes
Densidades de Siembra y Frecuencias de Corte en el trópico
seco de Nicaragua.**

Por:

Br. Julio Mercedes Jarquín Sevilla.

Br. Mario Humberto Jarquín Castillo.

Managua. Nicaragua

Junio, 2003

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
(UNA)**

**FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
(FACA)**

TESIS

**Producción de Biomasa de *Moringa oleifera* bajo diferentes
densidades de siembra y frecuencias de corte en el trópico
seco de Nicaragua.**

Tutor: Ing. Nadir Reyes Sánchez MSc.

Por:

Br. Julio Mercedes Jarquín Sevilla.

Br. Mario Humberto Jarquín Castillo.

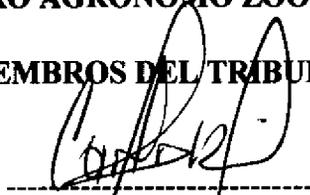
Managua. Nicaragua

Junio, 2003

Esta tesis fue aceptada en su presente forma, por el Comité Técnico Académico de la Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria y aprobada por el tribunal examinador como requisito parcial para optar al grado de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

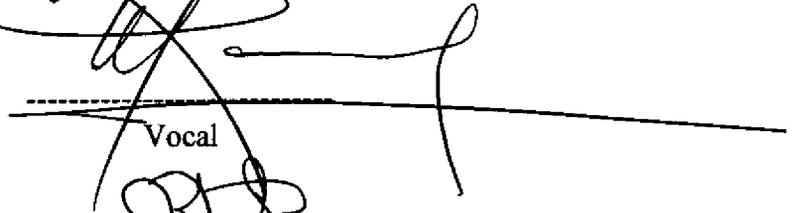
MIEMBROS DEL TRIBUNAL



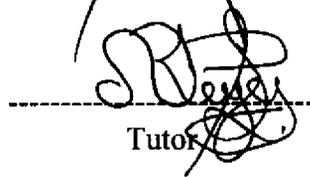
Presidente



Secretario



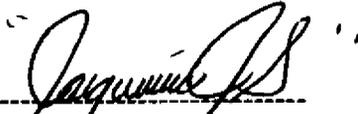
Vocal



Tutor

Asesor

SUSTENTANTES



Br. Julio M. Jarquín Sevilla



Br. Mario H. Jarquín Castillo

Carta del Tutor

Por este medio hago constar que los bachilleres: Mario Humberto Jarquín Castillo y Julio Mercedes Jarquín Sevilla han concluido satisfactoriamente su trabajo de tesis titulado Producción de Biomasa *de Moringa oleifera* bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de Corte, en el departamento de Managua, habiendo cumplido cabalmente con los objetivos planteados en el mismo.

Durante el transcurso de la investigación los bachilleres Mario Jarquín y Julio Jarquín se caracterizaron por su responsabilidad, creatividad e independencia para realizar todas las actividades de campo y el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados.

En tal sentido, considero que este trabajo cumple con los requisitos necesarios para ser sometida a la consideración del honorable tribunal examinador para optar al grado de ingeniero agrónomo con orientación en zootecnia.



Ing. MSc. Nadir Reyes S.

TUTOR

DEDICATORIA

A **Dios** todopoderoso por darme todo lo que soy y lo que tengo, ya que es la guía única y perfecta que garantiza mi complacencia y me empuja a seguir siendo una persona correcta.

A mi madre **Rosibel Sevilla** por darme la fortaleza de seguir en pie y enseñarme a luchar y a conseguir cosas que están por encima de nuestro alcance dejándome su ejemplo de lucha, entrega y sacrificio desafiando cualquier barrera que fuese.

A mis hermanas **Esther, Rosibel e Imara** Jarquín Sevilla por ser colaboradoras eficientes del tiempo tan preciado que me daban para la elaboración del experimento.

A la **Universidad**, nuestra Alma Mater que fue el lugar en el que me forme con las enseñanzas que capacitan a solucionar la problemática que se nos presente, es quién se encarga de enseñarnos a aprender para que luego nos podamos desenvolver con éxito y seamos capaces de descifrar la esencia de la vida.

A Todas aquellas personas que de una u otra forma, me han ayudado en mi desarrollo como ser humano y profesional.

Y recuerden siempre: El mundo es vasto y está listo para ser conquistado, adelante todos mirando con fe siempre hacia el futuro y avanzando hacia la consecución de nuestras metas.

Julio M. Jarquín Sevilla

DEDICATORIA

A mi madre **Thelma Teresa Castillo Gámez**, quien me cuida y guía desde el cielo, gracias por estar siempre conmigo.

A mi padre **Orlando José Jarquín Calero** por enseñarme a luchar y seguir adelante, por estar conmigo en cada momento importante de mi vida.

A mis hermanos, **Orlando y Wiston Jarquín Castillo** por estar conmigo en las buenas y en las malas y ayudarme a salir adelante en la vida .

A mis tías **Vilma y Auxiliadora Calero** por sus invaluable enseñanzas.

Gracias por ayudarme en mi desarrollo como ser humano y profesional, por cada sacrificio que han hecho.

Mario H. Jarquín Castillo

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer en primer lugar al creador, nuestro **Dios**, que cada día nos ha obsequiado su dulce y eterno amor. A **nuestra familia**, por toda su comprensión, dedicación, abnegación y amor, por inculcarnos los valores éticos y morales que serán el estandarte de nuestra vida profesional, por cada sacrificio que han hecho por nosotros a lo largo de nuestras vidas.

A nuestro Tutor **Ingeniero Nadir Reyes Sánchez** por apoyarnos, guiarnos y enseñarnos cosas importantes para que día a día valoremos mejor las oportunidades que se nos presentan.

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 UNA-SLU**.

Al Ingeniero **Roldan Corrales** que en todo momento estuvo dispuesto para que el trabajo marchara de la mejor manera.

A la Lic. **Damaris Mendieta** por brindarnos su colaboración y acceso al Laboratorio de Bromatología.

A los Drs. **Víctor Aguilar** e **Inger Ledin** por el apoyo brindado para poder realizar con éxito el ensayo.

A nuestros compañeros de estudio **Francisco Lazo** y **Jessica Hernández** por el apoyo brindado y la mano amiga que siempre nos otorgaron. A **Roberto Carlos** por brindarnos siempre su ayuda durante el ensayo.

A la **Facultad de Ciencia Animal**, que siempre se esfuerzan por incentivar y elevar en nosotros el espíritu de superación para alcanzar la excelencia académica. Finalmente a sus **catedráticos**, que no han sido simples profesores sino guías y amigos.

	Pag.
ÍNDICE	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. General.....	2
2.2. Específicos.....	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Origen y Distribución.....	3
3.2. Descripción Botánica de la Especie.....	4
3.3. Adaptación y Evaluación Agronómica.....	4
3.4. Rendimiento.....	6
3.5. Producción de Semilla.....	7
3.6. Valor Nutritivo de Moringa.....	8
3.7. Aminoácidos.....	10
3.8. Vitaminas.....	11
3.9. Minerales.....	12
3.10. Factores Anti-nutricionales.....	13
3.11. Moringa como Alimento para Animales.....	16
3.12. Concentrado de Hoja de Moringa.....	17
3.13. Producción de Leche.....	18
3.14. Desarrollo del Ganado.....	20
3.15. Usos.....	21
3.15.1. Comestibilidad.....	21
3.15.2. Ornamentales.....	22
3.15.3. Aceite.....	22
3.15.4. Silvicultura.....	22
3.15.5. Fertilizante.....	23
3.15.6. Forraje.....	23
3.15.7. Melífero.....	23
3.15.8. Fuente de Hormonas Promotoras de Crecimiento Vegetal.....	23
3.15.9. Agroforestería.....	24
3.15.10. Cercas Vivas.....	24
3.15.11. Leña o Madera.....	24
3.15.12. Clarificador del Agua.....	24
3.15.13. Medicinal.....	25
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
4.1. Ubicación del Área Experimental.....	26
4.2. Condiciones Edafoclimáticas.....	26
4.3. Descripción del Ensayo.....	27
4.4. Manejo Agronómico.....	28
4.4.1. Preparación del Suelo y Siembra.....	28
4.4.2. Control de Plagas y Enfermedades.....	28
4.5. Corte de Uniformidad.....	29
4.6. Descripción de los Tratamientos y Diseño Experimental.....	29
4.7. Modelo Estadístico.....	29
4.8. Descripción de las Variables.....	30

4.8.1. Rendimiento de Materia Fresca Total (RMF).....	30
4.8.2. Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (RMFFF).....	31
4.8.3. Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (RMFGF).....	31
4.8.4. Porcentaje de Materia Seca (%MS).....	31
4.8.5. Rendimiento de Materia Seca Total (RMST).....	32
4.8.6. Rendimiento Materia Seca Fracción Fina (RMSFF).....	32
4.8.7. Altura Promedio de la Planta (APP)	32
4.8.8. Tasa de Crecimiento (TC)	32
4.8.9. Porcentaje de Ceniza (%).....	33
4.9. Análisis Estadístico.....	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
5.1. Rendimiento de Materia Fresca Total (RMFT).....	34
5.2. Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (RMFFF).....	36
5.3. Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (RMFFG).....	37
5.4. Porcentaje de Materia Seca (%MS).....	39
5.5. Rendimiento de Materia Seca Total (RMST).....	40
5.6. Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (RMSFF).....	43
5.7. Altura Promedio de la Planta.....	45
5.8. Tasa de Crecimiento (TC).....	47
5.9. Porcentaje de Ceniza (%).....	48
VI. Conclusiones.....	51
VII. Bibliografía.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Productividad de Biomasa Fresca, Masa Seca y Proteína Promedio en 8 Cortes por año en <i>M. oleifera</i> bajo Diferentes Densidades de Siembra (edad de la plantación: 45 días).	7
Tabla 2. Datos Sobre el Fruto y Semillas de <i>M. oleifera</i> .	8
Tabla 3. Análisis Químico de Hojas Frescas, Tallos y Semillas de <i>M. oleifera</i> .	9
Tabla 4. Composición Química de Especies Diferentes de Árboles Forrajeros Usados en Centroamérica (Becker, 1995).	10
Tabla 5. Composición de Aminoácidos (g/16gN) de extractos de hojas y hojas de <i>M. oleifera</i> y referencia proteica de la FAO (niños de 2-5 años de edad) (Adaptado por Makkar y Becker 1996, 1997).	11
Tabla 6. Composición de las Vitaminas en las Hojas de <i>M. oleifera</i> .	12
Tabla 7. Composición Mineral de las Hojas de <i>M. oleifera</i> .	13
Tabla 8. Contenido de Fenoles Totales, Taninos, Taninos Condensados, Saponinas, Fitatos, Lecitinas e Inhibidores de Tripsina en Extractos y de Hojas de <i>M. oleifera</i> (se expresan los datos como g kg ⁻¹) (Makkar y Becker, 1996).	16
Tabla 9. Oferta, Consumo y Forraje Residual de <i>Moringa</i> Suplementado en Ganado de Leche bajo Pastoreo (Adaptado por Rocha, 1998).	19
Tabla 10. Consumo Promedio de PB de acuerdo a Diferentes Niveles de Suplementación con Hojas de <i>M. oleifera</i> para Vacas Lecheras (Adaptado por Rocha, 1998).	19
Tabla 11. Valores Promedios y Resultados de la Prueba de Dunnett el Efecto de la Suplementación de Hojas de <i>Moringa</i> sobre la Producción de Leche (kg/vaca/día) en Vacas Lecheras en pastoreo (Rocha, 1998).	20
Tabla 12. Consumo de <i>M. oleifera</i> y Heno y el Consumo Promedio Total de la Materia Seca en la Alimentación de Novillos con o sin <i>M. oleifera</i> .	21
Tabla 13. Ganancia de Peso en la Alimentación de Novillos en Establos (Estación Seca).	21
Tabla 14. Análisis Químico del Suelo.	27

Tabla 15. Análisis Físico del Suelo.	.....27
Tabla 16. Descripción de los Tratamientos.	.....29
Tabla 17. Análisis de Varianza del Rendimiento de Materia Fresca Total en ton/ha/año.	.....34
Tabla 18. Comparaciones de Medias Obtenidas en la Variable Rendimiento de Materia Fresca Total en ton/ha/año.	.....35
Tabla 19. Comparaciones de Medias Sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total en dos épocas del año para <i>M. oleifera</i>.	.....35
Tabla 20. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (ton/ha/año).	.....36
Tabla 21. Comparaciones de Medias en el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina para diferentes épocas del año.	.....37
Tabla 22. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (ton/ha/año).	.....37
Tabla 23. Comparaciones de Medias para la Variable el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa sobre tres frecuencias de corte.	.....38
Tabla 24. Diferencias entre medias de materia fresca fracción gruesa bajo distintas épocas en el año.	.....38
Tabla 25. Análisis de Varianza para la Variable Porcentaje de Materia Seca en <i>M. oleifera</i>.	.....39
Tabla 26. Comparaciones de Medias en el Porcentaje de Materia Seca sometido a diferentes frecuencias de corte en el año.	.....39
Tabla 27. Comparaciones de Medias Obtenidas en el Porcentaje de Materia Seca diferenciados en distintas épocas del año.	.....40
Tabla 28. Análisis de Varianza del Rendimiento de Materia Seca Total en ton/ha/año.	.....41

Tabla 29. Comparaciones de Medias en el Rendimiento de Materia Seca Total ton/ha/año con diferentes frecuencias de corte en <i>M. oleifera</i>	.....41
Tabla 30. Comparaciones de Medias para la Variable del Rendimiento de Materia Seca Total evaluadas en distintas épocas del año.	.....43
Tabla 31. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (ton/ha/año).	.....44
Tabla 32. Diferencias de medias del Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina en dos épocas del año.	.....45
Tabla 33. Análisis de Varianza para la Variable Altura Promedio de la Planta.	.....45
Tabla 34. Comparaciones de Medias de la Altura de la Planta con respecto a las diferentes frecuencias de cortes.	.....46
Tabla 35. Comparaciones de Medias de la Altura de la Planta en diferentes épocas del año.	.....46
Tabla 36. Análisis de Varianza de la Variable Tasa de Crecimiento (kg MS/ha/día).	.....47
Tabla 37. Comparaciones entre Medias de las Tasas de Crecimiento sometidas a diferentes frecuencias de corte.	.....48
Tabla 38. Comparaciones entre Medias de las Tasas de Crecimiento encontradas en dos épocas del año.	.....48
Tabla 39. Análisis de Varianza para la Variable Porcentaje de Ceniza.	.....49
Tabla 40. Comparación de Medias en Porcentajes de Ceniza con respecto a las diferentes frecuencias de corte en <i>M. oleifera</i>.	.....49
Tabla 41. Comparaciones de Medias en dos épocas diferentes para <i>M. oleifera</i> con respecto a la Variable Porcentaje de Ceniza.	.....50

Jarquín, JM; Jarquín, MH. 2003. Producción de Biomasa de *Moringa oleifera* bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de Corte en el trópico seco de Nicaragua. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 59 páginas.

Palabras claves: Moringa, producción de forraje, densidad de siembra, frecuencias de corte.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres densidades de siembra y frecuencias de corte sobre la producción de *Moringa oleifera*. El ensayo se llevó a cabo en la hacienda "Santa Rosa", localizada geográficamente a 12°08'15" de latitud Norte y 86°09'36" de longitud Este, Municipio de Managua, de Octubre 2001 a Noviembre 2002. Se utilizó un diseño de BCA, en un arreglo de parcelas divididas donde las densidades de siembras (25, 50 y 75 plantas/m²) eran para las parcelas grandes y las frecuencias de cortes (45, 60 y 75 días) eran para las parcelas pequeñas. Las variables de estudio fueron: porcentaje de la materia seca (% MS), porcentaje de Ceniza (% Ceniza), Altura promedio, Tasa de Crecimiento (TC), Rendimiento de materia fresca total (RMFT), Rendimiento de materia fresca fracción fina (RMFFF), Rendimiento de la materia fresca fracción gruesa (RMFFG), Rendimiento de Materia Seca Total (RMST) y Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (RMSFF). Se realizó análisis de varianza y comparaciones con la Prueba de Tukey utilizando MINITAB, versión 13.0. Los resultados en el análisis de varianza mostraron que las densidades de siembras no presentaron efecto significativo ($P < 0,05$) sobre las variables evaluadas, no así las frecuencias de corte que si presentaron efecto significativo ($P < 0,05$) para la mayoría de las variables, excepto para RMFFF y la RMSFF, la frecuencia de corte a los 75 días presentó los mejores resultados para las variables %MS (17.97%), %Ceniza (9.15%), Altura (149.78cm), TC (34.70 kgMS/ha/día), RMFT (81.03 ton/ha/año), RMFFF (34.34 ton/ha/año), RMFFG (43.68 ton/ha/año), RMST (14.44 ton/ha/año) y RMSFF (6.13 ton/ha/año) respectivamente. Con relación a las épocas, durante la lluvia se obtuvieron los mejores valores ($P < 0,05$) en Altura (148.57 cm), TC (44.23 kgMS/ha/día), RMFT (53.75 ton/ha/año), RMFFF (28.80 ton/ha/año), RMFFG (22.82 ton/ha/año), RMST (8.68 ton/ha/año) y RMSFF (4.58 ton/ha/año), excepto para %MS (18.21%) y %Ceniza (9.12%) cuyos mejores resultados fueron en la época seca.

Jarquín, JM; Jarquín MH. 2003. Biomass production of *Moringa oleifera* under different planting densities and cutting frequencies in a dry tropic in Nicaragua. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 59 pages.

Key words: Moringa, biomass production, plant densities, cutting frequencies.

ABSTRACT

A trial was carried out with the purpose to determine the effect of three cutting frequencies and three plant densities on the biomass production of *Moringa oleifera*, the experimental part was carried out at the farm of the National University of Agriculture in Managua, Nicaragua, located geographically 12°08'15" North latitude and 86°09'36" East longitude. A split plot in a random block design with four replications was used in a experimental part, main plots was planting densities and sub plot was cutting frequencies generating nine treatment combinations. The variables in study were: dry matter percentage (%DM), ash percentage (%A), average height of the plants (AHP), growth ratio (GR), fresh matter total yield (FMTY), fresh matter fine fraction yield (FMFFY), fresh matter rough fraction yield (FMRFY), dry matter total yield (DMTY), and dry matter fine fraction yield (DMFFY). For the statistical analysis of the data the statistics package was Minitab, version 13.0. There was not significant differences ($P < 0,05$) for the effect of plant densities on the studied variables, meanwhile the cutting frequencies showed significant differences ($P < 0,05$) to the majority of the variables, except to the FMFFY and DMFFY, the cutting frequency three (75 days) present the best results to the variables: %DM (17.97%), %A (9.15%), AHP (149.78cm), GR (34.70 kgMS/ha/día), FMTY (81.03 ton/ha/año), FMFFY (34.34 ton/ha/año), FMRFY (43.68 ton/ha/año), DMTY (14.44 ton/ha/año) and DMFFY (6.13 ton/ha/año) respectively. In relation with the season of the year, during the wet season the best values was obtained ($P < 0,05$) in AHP (148.57 cm) , GR (44.23 kgMS/ha/día), FMTY (53.75 ton/ha/año) , FMFFY (28.80 ton/ha/año), FMRFY (22.82 ton/ha/año), DMTY (8.68 ton/ha/año) and DMFFY (4.58 ton/ha/año), except to %DM (18.21%) and %A (9.12%) the best results were presented in the dry season.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años, casi todos los países de América tropical han mostrado incrementos en la producción total de leche y carne, pero ello se ha debido más a aumentos en el área dedicada a pasturas permanentes y de la población animal, que a incrementos en la productividad de los mismos (FAO, 1991). El gran reto de la ganadería moderna consiste en incrementar la producción de carne y leche en forma acelerada y sostenible, de tal manera que permita suplir la demanda de la población y que, además, garantice la protección y conservación del medio ambiente.

Los sistemas de alimentación de los rumiantes en el trópico están basados en la utilización de pastos, principalmente gramíneas. La producción de pasto, por lo general no es suficiente en cantidad y calidad para satisfacer los requerimientos de los animales, fundamentalmente en la época seca, esto causa periodos de estrés nutricional y como consecuencia decrece la productividad de los animales.

Actualmente existe una tendencia creciente hacia la búsqueda y uso de nuevas fuentes de proteínas provenientes de árboles y arbustos forrajeros (leguminosas y no leguminosas), a través de la integración de árboles, pasturas y animales, en sistemas de producción silvopastoriles, cuyo objetivo principal es desarrollar tecnologías que busquen compatibilizar la silvicultura y la ganadería, orientadas a mejorar el nivel alimenticio y productivo de los animales, utilización racional de los recursos y mejorar el desempeño económico y ambiental.

La mayoría de los árboles y arbustos son de fácil adaptación, propagación y establecimiento y no se incurren en altos costos para su manejo, ni se requiere de alta tecnología (fertilizante, pesticidas, etc.). *Moringa oleifera* Lam (sinónimo: *Moringa pterygosperma* Gaertner), comúnmente llamado “Marango” es uno de estos árboles forrajeros que crece en las diferentes condiciones tropicales, posee un alto contenido de proteínas cruda (15.6-29%) y produce grandes cantidades de materia seca (5.16 ton/ha/año) y es posible realizar hasta 8 cortes por año.

II. OBJETIVOS

2.1. General

- Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte sobre la producción de biomasa de *Moringa oleifera* bajo condiciones de trópico seco en Nicaragua.

2.2. Específicos

- Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte sobre el rendimiento de materia fresca total, materia fresca fracción fina y materia fresca fracción gruesa de *M. oleifera*.
- Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte sobre el rendimiento de materia seca total y materia seca fracción fina de *M. oleifera*.
- Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte sobre la altura y la tasa de crecimiento de *M. oleifera*.
- Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte sobre el contenido de materia seca (%) de *M. oleifera*.
- Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte sobre el contenido de minerales (% de cenizas) de *M. oleifera*.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Origen y Distribución

Moringa oleifera Lam (sinónimo de *Moringa pterygosperma* Gaertner), comúnmente llamado “Marango”, es un árbol miembro de la familia Moringaceae que crece a lo largo de la mayoría de los trópicos y es originaria del sur del Himalaya, noreste de India, Pakistán, Bangladesh y Afganistán (Makkar y Becker, 1997). En América Latina y Centroamérica el Marango se introdujo y naturalizó en 1920 como un árbol ornamental y se usó como cerca viva y para la protección contra el viento (Rocha, 1998).

El rango natural de *M. oleifera* se extiende de Arabia a India. Hoy en día el árbol es común en los paisajes de todos los trópicos del Viejo Mundo del Sur de Asia y África Occidental. Es más visible en partes del Este y Sur de África. También se le encuentra en huertos caseros de muchas islas del Pacífico, desde Kiribati hasta las Marianas del Norte (Von Maydell, 1986).

El género *Moringa* tiene una amplia variedad de especies, de las cuales las más importantes son: *Moringa drouhardii* (Madagascar), *M. concanensis* (Asia, principalmente en la India), *M. arborea* (Noreste de Kenia), *M. hildebrandtii* (Madagascar), *M. oleifera* (India), *M. borziana* (Kenia y Somalia), *M. ovalifolia* (Namibia y el extremo sur-occidental de Angola), *M. peregrina* (Mar Rojo, Arabia y Cuerno de África), *M. longituba* (Kenia, Etiopía y Somalia), *M. stenopetala* (Kenia y Etiopía), *M. pygmaea* (Norte de Somalia), *M. rivae* (Kenia y Etiopía), *M. ruspoliana* (Kenia, Etiopía y Somalia) (Agrodesierto, 1999).

3.2. Descripción Botánica de la Especie

Es un árbol de crecimiento rápido, alcanza una altura de 7 a 12 metros hasta la corona algunas veces la copa se ve abierta tipo paraguas. Su tronco posee un diámetro de 20 a 30 cm, su fuste es generalmente recto pero a veces quebradizo y mal formado.

Tiene una madera suave con una corteza liviana, tiende a echar raíces fuertes y profundas (F/FRED, 1992), tiene una vida relativamente corta, alcanzando un promedio de 20 años (Von Maydell 1986). Sin embargo debido a su facilidad de establecimiento, esta limitación, no impide el cultivo de este árbol adaptable y útil.

Las hojas son compuestas alternas imparipinnadas con una longitud total de 30 a 70 cm, con un raquis de 3 a 6 cm de longitud con 2 a 6 pares de pinnulas. Cada pinnula tiene de 3 a 5 hojuelas abobadas de 1 a 2 cm de largo. La hojuela terminal es a menudo ligeramente más grande (Von Maydell, 1986).

Las flores son perfumadas, blancas o cremosas con estambres amarillos, tiene 2.5 cm de diámetro, nacen en ramos. Las vainas son colgantes, de color castaño, triangular, tiene entre 30 a 120 cm de largo y 1.8 cm de diámetro, y contienen alrededor de 20 semillas. Las vainas se parten a lo largo en tres partes cuando están secas. Las semillas son de color castaño oscuro con tres alas delgadas. La raíz es principalmente gruesa. El árbol florece y produce vainas y semillas durante todo el año (Ramachandran et al., 1980, citado por Manuel C. Palada, 1995).

3.3. Adaptación y Evaluación Agronómica

Moringa es un árbol que puede crecer en todo tipo de suelos, desde suelos ácidos hasta alcalinos (pH 4.5-8), pero prefiere los suelos bien drenados o arenosos y donde el nivel freático permanece bastante alto por todo el año, es por ello que coloniza rápidamente las

orillas de los arroyos y las áreas de sabana, tolera suelos arcillosos, pero no encharcamientos prolongados (Duke, 1983).

Este árbol crece bien en altitudes desde 0 hasta 1,800 m.s.n.m. y periodos de lluvia entre 500 y 1,500 mm por año (Agrodesierto, 1999).

Tolera hasta 6 meses de estación seca si la precipitación es al menos de 500 mm/año, es un árbol útil para las áreas semiáridas, sin embargo, un prologando periodo de sequía puede provocar stress en la planta que resultará en las perdidas de sus hojas (F/FACT, 1996).

Es resistente a periodos cortos de bajas temperaturas (2° o 3° C). En temperaturas por debajo de 14° C no florece y sólo se obtiene la producción vegetativa. En Centroamérica el árbol se encuentra en zonas con temperaturas entre 6° a 38° C, pero crece mejor cuando la temperatura varia de 26 a 40° C (F/FACT, 1996).

En cuanto a la germinación, el crecimiento de las plantas jóvenes se ve muy afectado por las condiciones de luz, sobre todo durante los periodos cálidos del año. Por consiguiente, el desplazamiento precoz de las plantitas a unas condiciones de plena luz, combinado con un riego irregular, puede provocar consecuencias desastrosas.

Las condiciones óptimas para la germinación son las de media sombra, sin embargo la siembra durante la estación seca y fría con exposición a plena luz no afecta mucho la germinación, no obstante las semillas sembradas con un tiempo más cálido (a mediados de abril), la germinación fue de un 40 % en plena luz, en comparación con un 92% en condiciones de media sombra (Samia et al, 1985).

La altura media y máxima de las plántulas es de 1,7 veces mayor en lugares de media sombra, en comparación con lo obtenidos a plena luz. Por ello, para conseguir plántulas sanas y estables, las semillas deben plantarse preferiblemente durante la estación de lluvias. (Samia et al, 1985).

La falta de luz puede causar la pérdida de 20 a 30% de las plantas jóvenes por corte, produciendo gran pérdida de material productivo (Foidl et al., 1999).

3.4. Rendimiento

Es muy importante señalar el alto rendimiento de materia seca 5.16 ton/ha/año en 8 cortes por año que se pueden realizar. *M. oleifera* tiene una alta tasa de crecimiento y capacidad para producir altas cantidades de materia fresca por metro cuadrado con altas densidades de siembra.

Según Foild et al, (1999) la densidad de 1 millón de plantas/ha la considera como la óptima, por la producción de biomasa fresca, costo de siembra, manejo del corte y control de maleza. En el caso de densidades más altas (más de 1million plantas /ha), la alta densidad crea una alta competencia entre las plantas, vía fototropismo, resultando en pérdidas de plántulas de hasta 20 o 30% por corte, lo cual produce altas pérdidas de material productivo por área.

Adicionalmente los diámetros de los tallos y rebrotes son delgados, incidiendo negativamente en la producción de material, sin embargo se obtienen altas cantidades de masa fresca a expensa de la alta densidad.

Con la densidad de 1 millón de plantas/ha se puede producir 78 toneladas de masa fresca por año realizando aproximadamente 8 cortes al año.

Con riego se puede obtener una mayor producción, aunque no hay que perder la idea de que una alta productividad implica una alta extracción de nutrientes (Ca, P, Mg, K, Cu, Zn, Mn, Fe, etc.) del suelo por eso se debe fertilizar (Foidl et al., 1999).

Tabla 1. Productividad de Biomasa Fresca, Masa Seca y Proteína Promedio en 8 Cortes por año en *M. oleifera*, bajo Diferentes Densidades de Siembra (edad de la plantación: 45 días).

Densidad (plantas/ha)	Materia Fresca Ton/ha/año	Materia Seca kg/ha/año	Proteína Total kg/ha	Pérdida de plantas (%)
95,000	19.6	2,634	368.7	0
350,000	29.7	4,158	582.0	0
900,000	52.6	5,067	964.2	0
1,000,000	78.0	8,315	1585.0	1
4,000,000	97.4	12,662	2405.0	20
16,000,000	259.0	34,031	6465.0	30

(Foidl et al., 1999).

3.5. Producción de Semilla

Cada árbol puede producir de 15,000 a 25,000 semillas por año, estas se siembran en bolsas en viveros o se siembran directamente en el terreno definitivo si el objetivo de la siembra es la producción de forraje para la alimentación animal, en este ultimo caso se obtiene una densidad poblacional de plantas mayor que la normal.

La semilla presenta altos porcentajes de germinación, mayores de 90%, aún en semillas de hasta 2 años de edad. Después de la siembra el tiempo de germinación de la semilla oscila entre los 5-7 días, sin realizar tratamientos pregerminativos (Foidl et al., 1999).

El peso promedio de cada semilla es 0.3 - 0.4 g, dando entre 3,000 a 4,000 semillas por kilogramo. En general, la viabilidad depende del grado de fertilidad, de la producción del árbol y la edad de la semilla.

En las semillas de 1 año de edad, la germinación fue de 99.5%. En las semillas más viejas estos valores disminuyen, aunque las diferencias no fueron tan grandes. La producción de semilla fue alrededor de 2 y 5.5 ton/ha (Makkar y Becker, 1997).

Tabla 2. Datos Sobre el Fruto y Semillas de *M. oleifera*.

Medidas	1	2	3
Peso promedio del fruto (g)	7.6		7.95
Peso promedio de las semillas del fruto (g)	2.7	3	2.97
Número promedio de las semillas por fruto	12	16.6	16
Peso promedio de 100 semillas (g)	29.9	29.6	30.16
Peso promedio de 100 semillas de almendra (g)	21.7		22.46
% de almendra	72.5		74.48
% de cáscara	27.5		25.52

1- Ferrao, 1970. 2- Foletti, 1994. 3- Proyecto Biomasa 1996.

3.6. Valor Nutritivo de Moringa

El árbol recién cosechado tiene un contenido de 83% de humedad. En masa seca, la producción anual contiene aproximadamente 17% de proteínas (incluyendo hojas, ramas y tallos) con un equivalente de 13-20 toneladas proteína bruta por hectárea (Foidl et al., 1999).

El análisis proteico promedio en base a materia seca es del 28-30% en hojas y del 8% en ramas y tallos. La planta entera, en masa seca tiene un 10% de azúcar y un 8% de almidón. Las semillas tienen entre un 30-42% de aceite y su torta contiene un 60% de proteína.

No contienen toxinas conocidas y la energía metabolizable en las hojas es de 9.5 MJ/kg Materia Seca (Agrodesierto, 1998) (Foidl et al., 1999).

Las hojas pueden ser buenas fuentes de proteína para la alimentación animal, conteniendo entre 15.6% y 29.0% de proteína cruda en base al porcentaje de la materia seca en las hojas frescas con alto contenido de proteína sobrepasante (47% de la proteína total). Los tallos son bajos en PC (6.2 a 9.0%) y alto en FDN (64.0 a 68.4%).

Variaciones entre diferentes autores reportan contenidos de FDN y FDA pueden ser debido a diferencias entre las variedades de las plantas y las diferentes condiciones agroclimáticas, o posiblemente a los diferentes estados de madurez de las hojas (Makkar y Becker, 1997).

Tabla 3. Análisis Químico de Hojas Frescas, Tallos y Semillas de *M. oleifera*.

Muestra	MS (%)	PB (%)	FC (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)	EM Mca/kg
Hojas 1	42.7	29.0	19.1	9.1	5.2	---	---	---	---
Hojas 2	---	15.6	17.9	13.4	4.2	---	---	71.0	2.30
Hojas 3	---	25.1	---	11.5	5.4	21.9	11.4	75.7 *	2.27 *
Hojas 4	21.0	23.0				30.0	27.0	79.0	
Hojas 6		26.4		8.87		15.1	9.2		
Tallos 6		6.2		6.90		68.4	60.9		
Tallos 4	15.0	9.0				64.0	55.0	57.0	
Semilla madura 7		332.5 g	412 g	44.3 g					
Hojas 5	---	26.4	---	12.0	6.5	28.8	13.9	---	---

1. Malik, et al., 1967; Bangladesh

2. Kandiah, S. & Koch, 1938; India

3. Becker, 1995; Nicaragua

4. Foild et al. 1999

5. Gupta et al., 1989

6. Makkar y Becker 1997

7. Oliveira et al. 1999

* DIVMS y EM Determinado para el método de Menke et al., (1979).

El alto valor de la proteína digerible en el intestino delgado encontrado por Becker sugiere que las hojas de *M. oleifera* es una buena fuente de proteína suplementaria para el rumiante, que permite más aminoácidos llegar al intestino ~~que se~~ usa directamente para las propuestas productivas.

Comparando el valor nutritivo de *Moringa oleifera* (hojas, pecíolos y tallos jóvenes) con otros forrajes, *Moringa* tiene 8% más bajo contenido de proteína que *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. Sin embargo, para el rumiante la proteína de *Moringa* es la de mejor calidad que *Gliricidia* y *Leucaena* por el alto contenido de proteína sobrepasante (47% contra 30% y 41% respectivamente) (Becker, 1995).

La energía metabolizable y la digestibilidad in Vitro de la materia seca son más altos en *Moringa* que en otras especies excepto *Morus alba* que tiene valores similares para este parámetro. Sin embargo, el contenido de la proteína fue de 3% superior en *Moringa* que en *Morus alba* (Becker, 1995).

Tabla 4. Composición Química de Especies Diferentes de Árboles Forrajeros Usados en Centroamérica (Becker, 1995).

Fuente de proteína *	% PB	EM/Mcal/kg **	% DIVMS
<i>Erithrina cocleata</i> 1	19.40	1.83	49.40
<i>Morus alba</i> 3	13.80	2.52	67.40
<i>Leucaena leucocephala</i> 2	25.00	1.78	47.80
<i>Gliricidia sepium</i> 2	25.80	2.18	58.40
<i>Guazuma ulmifolia</i> 2	14.70	1.89	43.00
<i>M oleifera</i> . (Hojas)	23.20	2.94	79.67
<i>M oleifera</i> . (Ramas)	8.80	2.13	57.06
<i>M oleifera</i> . (Planta entera)	16.87	2.60	69.60

* La planta entera; ** Multiplicando ED por 0.85

1 Vargas et al. 2 Vargas y Elvira, 1987 3 Velázquez et al, 1992,

3.7. Aminoácidos

El valor potencial alimenticio de la proteína (como una fuente de aminoácidos) puede compararse con el patrón de referencia que usa la FAO, cuya composición de los aminoácidos se muestra en la tabla 5. En las hojas, todos los aminoácidos esenciales están presentes en las concentraciones más altas de los que recomienda la FAO/WHO/UNO (1992) refiriéndose a los requerimientos de proteína para un niño de 2-5 años de edad. Una comparación entre la composición de los aminoácidos en las hojas y la soya reveló un modelo similar para todos los aminoácidos esenciales.

Marango es rico en dos aminoácidos (metionina y cisteina) generalmente deficientes en otros alimentos (Makkar y Becker, 1997).

El contenido de aminoácidos en las hojas es más bajo que en el extracto de hojas, que podría ser debido a la presencia de altas cantidades de nitrógeno no proteico.

Tabla 5. Composición de Aminoácidos (g/16gN) de extracto de hojas y hojas de *M. oleifera* y referencia proteica de la FAO para niños de 2-5 años de edad (Adaptado por Makkar y Becker 1996, 1997).

Aminoácidos	Hojas (g 16 g N-1)	Hojas (g kg-1 MS)	Hojas extraídas (g 16 N-1)	Referencias de FAO (g 16 g N-1) ^α
Lisina	5.60	14.06	6.61	5.80
Leucina	8.70	21.84	9.86	6.60
Isoleucina	4.50	11.30	5.18	2.80
Metionina	1.98	4.97	2.06	2.50 *
Cisteina	1.35	3.39	1.19	----
Fenilalanina	6.18	15.51	6.24	6.30 **
Tirosina	3.87	9.71	4.34	----
Valina	5.68	14.26	6.34	3.50
Histidina	2.99	7.50	3.12	1.90
Treonina	4.66	11.70	5.05	3.40
Serina	4.12	10.34	4.78	---
Ácido Glutámico	10.22	25.65	11.69	---
Ácido Aspartico	8.83	22.16	10.60	---
Prolina	5.43	13.63	5.92	---
Glicina	5.47	13.73	6.12	---
Alanina	7.32	18.37	6.59	---
Arginina	6.23	15.64	6.96	---
Triftofano	2.10	5.27	2.13	1.10

* Metionina + Cisteina

** Fenilalanina + Tirosina

3.8. Vitaminas

Las hojas de moringa constituyen una fuente particularmente barata y rica en pro-vitamina A, además de otros micronutrientes importantes. Un vaso de infusión de hojas de moringa alcanza para cubrir el requerimiento diario de vitamina A de hasta 10 personas (FAO-OMS, 1992).

Según Kailaspathy y Koneshan (1986) de ocho vegetales estudiados, solo *Baselba alba* y *M. oleifera* fueron los que tuvieron los más altos contenidos de vitamina C. El consumo de aproximadamente 35 g de estas hojas puede satisfacer el consumo diario recomendado para vitamina C.

Las hojas de *M. oleifera*, son muy ricas en B₁, B₆ y Niacina y contiene 6,780 µg de β-caroteno. En general, las vitaminas de grupo B₁, B₆ y Niacina muestran concentración más alta y riboflavina B₂ es relativamente baja (Gopala et al., 1979). Moringa también es excepcionalmente rica en vitamina A y ácido ascórbico comparado con otras verduras frondosas seleccionadas (Souza y Kulkarni, 1990). La Vitamina A llamada acetato de vitamina A está presente en cantidades pequeñas en el follaje de *M. oleifera* si lo comparamos con la vitamina B y C. Sin embargo, el contenido está en niveles un poco más altos en los follajes de plantas jóvenes que en los follajes de las plantas maduras.

Tabla 6. Composición de las Vitaminas en las Hojas de *M. oleifera*.

<i>M. Oleifera</i>	Vit. A (µg)	B1 (µg/g)	B2 (µg/g)	B6 (µg/g)	Niacina (µg/g)	B-caroteno (µg/100g)	Vit. C (mg)
Hojas (1)		247±8.2	94±2.8	177±7.7	162±7.5	6780	---
Maduras (2)	14	225	---	300	---	---	362
8 meses (2)	29	375	---	400	---	---	456
4 meses (2)	17	400	---	575	---	---	856

1- Gopala et al. 1979, 2- Souza y Kulkarni, 1990.

3.9. Minerales

Las hojas de *M. oleifera* son ricas en minerales como, calcio y hierro (Makkar y Becker, 1997). Pero, según Reddy et al. (1982) los fitatos están presentes en la magnitud de 1 a 5% en las legumbres y se conocen para disminuir la disponibilidad de minerales en el monogástrico.

Tabla 7. Composición Mineral de las Hojas de *M. oleifera*.

Constituyentes químicos	1	2	3	4
Ca (%)	2.40	2.06	3.22	0.44
P (%)	0.60	0.24	0.27	---
Mg (%)	0.30	---	---	---
Na (mg/100 g)	0.05	---	---	---
K (mg/100g)	0.30	---	---	0.26
Cu (ppm)	11.70	---	---	---
Fe (ppm)	225.00	---	---	70
Zn (ppm)	17.50	---	---	---
Mn (ppm)	50.20	---	---	---

1- Gupta et al. 1989. 2- Malik el M.Y et al. 1967 (las hojas frescas).

3- Kandiah, S. & Koch, 1938; India (las hojas Frescas). 4- Gopalan et al 1994.

3.10. Factores Anti-nutricionales

El principal problema nutricional de las explotaciones en las plantas es la presencia de principios antinutricionales y tóxicos, los atributos que componen estas plantas crean un interés en el estudio nutricional y antinutricionales de las especies, a continuación se explicará alrededor de *M. oleifera*. (Gupta et al., 1988).

Se han realizados análisis in Vitro e in vivo. Los niveles de factores antinutricionales, como taninos y saponinas, son mínimos, prácticamente despreciables y no se han encontrado inhibidores de tripsina ni de lecitina (Foidl et al., 1999).

La presencia de compuestos indeseables como aminoácidos no proteicos, glucosinolatos, alcaloides, polifenoles, lecitinas e inhibidores de proteasas y amilasas se han reportados para muchas semillas, aunque la mayoría de los efectos causados por todos estos factores adversos pueden ser eliminados por tratamientos con calor, aunque prolongados periodos de calor de algunas semillas puede decrecer la calidad de la proteína y perder algunos micronutrientes como vitaminas, minerales y puede favorecer a la destrucción de aminoácidos esenciales como metionina (Oliveira et al., 1999).

Polifenoles, normalmente conocidos como taninos, ocurren ampliamente en muchas plantas nativas especialmente en las regiones tropicales. Su consumo por los animales afecta la productividad y salud adversamente. Ambas el extracto de hojas y las hojas fueron analizadas por el contenido total de fenoles, taninos y taninos condensados. Las hojas tenían cantidades despreciables de taninos (1.4%) y los taninos condensados no fueron detectados.

Los volúmenes de taninos totales fueron de 3.4% (Makkar y Becker, 1996), Gupta et al., (1989), reporta 2.7% del contenido total de fenoles para las hojas. Estos fenoles simples a esta concentración no producen ningún efecto adverso.

En el extracto de hojas, no se detectaron los taninos y el contenido de fenoles fue muy bajo (1.6%) (Makkar y Becker, 1996).

El extracto de hojas tenía un nivel despreciable de saponinas, mientras que las hojas tenía 5%; en soya se observó un nivel de saponina del 4.7% comparable con el nivel de saponina de *Moringa*. Las Saponinas comprenden una gran familia de compuestos estructuralmente relacionados, y por consiguiente no todas las saponinas tienen el mismo impacto en el ganado.

Las Saponinas de algunas plantas producen efectos adversos en el crecimiento de los animales particularmente en los monogástricos. La Saponinas de la soya son relativamente inocuas (Liener, 1994 citado por Makkar et al., 1996). Las saponinas presentes en las hojas de *M. oleifera* parecen ser relativamente inocuas así entonces las hojas se consumen por los humanos sin ningún efecto adverso (Makkar y Becker, 1996).

El contenido de fitatos de las hojas y el extracto de hojas de *M. oleifera* fué de 3.1 y 2.5% respectivamente, qué podría disminuir la bio-disponibilidad de los minerales (Makkar y Becker, 1996). La actividad de los inhibidores de tripsina y lecitinas no se descubrieron ni en las hojas ni en el extracto de hojas de *M. oleifera*.

Otros factores antinutricionales reportados para las hojas de *M. oleifera* son los factores flatulantes (sacarosa + rafinosa + estaquiosa; éstos producen la flatulencia en los monogástricos) que fueron de 5.6% (Gupta et al., 1989). Estos factores están presentes en altas concentraciones en las legumbres y disminuyen substancialmente después de remojar y cocinar en el agua (Bianchi et al., 1983).

Nitrato (0.5 mmol por 100 g) y oxalatos (4.1%) también se han reportado en las hojas de *M. oleifera* (Gupta et al., 1989).

Las hojas de *M. oleifera* son bastante ricas en minerales, y es probable que la presencia de oxalatos y fitatos en concentraciones de 4.1% y 3.1% respectivamente disminuya los minerales biodisponibles. El extracto de hojas de *M. oleifera* estaba libre de los taninos, saponinas, lecitinas e inhibidores de tripsina.

No se detectaron los glucósidos cianogénicos en las muestras de hojas y las ramitas y en los tallos tenían niveles muy bajos (5-6 mg HCN equivalente kg⁻¹) de estos glucósidos. Los niveles de glucósidos cianogénicos observados son mucho más bajos que aquellos consideraron seguros por las regulaciones de EC < 100mg HCN equivalente kg⁻¹ para los pasteles de yuca y almendras < 250mg HCN equivalente kg⁻¹ para la linaza.

Además, según las regulaciones de EC para el ganado, el nivel de cianógeno en un alimento completo no debe exceder 50 mg HCN equivalente kg⁻¹, salvo para pollos cuyo nivel seguro está fijo en 10 mg HCN el Kg⁻¹ equivalente.

Alguno de los glucosinolatos hacen una contribución importante para el sabor y aroma de los alimentos. Otros se han mostrado que son potencialmente dañinos, pero generalmente se aceptan en la alimentación humana y en el consumo animal, los niveles altos son indeseables (Heaney y Fenwick, 1980 citados por el Makkar et al., 1997).

Los glucosinolatos pueden sufrir una hidrólisis química y enzimática para producir un rango de productos que poseen propiedades anti-nutricionales que llevan a reducir el crecimiento y la reproducción dañada. Para el cerdo, el valor limitante sobre la cual la fertilidad de las cerdas puede dañarse es 4 μmol del total de glucosinolatos de la dieta g^{-1} y 8 mmol del consumo diario de estos compuestos. En las vacas, se observó un aumento significativo en días del parto a la concepción cuando el consumo diario de glucosinolatos fue de 75 mmol/vaca (Makkar y Becker, 1997).

Tabla 8. Contenido de Fenoles Totales, Taninos, Taninos Condensados, Saponinas, Fitatos, Lectinas e Inhibidores de Tripsina en Extractos y Hojas de *M. oleifera* (se expresan los datos como g kg^{-1}) (Makkar y Becker, 1996).

Muestras	Fenoles Totales *	Taninos *	Saponinas **	Fitatos ***	Glucósidos cianogénicos (mg kg^{-1})	Glucosinolatos (Mmol g^{-1})
Extracto a	16	0	2	25	ND	ND
Hojas a	34	14	50	31	ND	ND
Hojas b	44.30	12.0	81.0	21.0	ND	ND
Ramitas b	11.30	3.9	29.9	25.0	5.0	< 1
Tallos b	4.50	0.9	28.5	10.8	6.2	< 1

a- Makkar y Becker, 1996. b- Makkar y Becker, 1997.

No se descubrieron taninos condensados, lectinas y tripsinas e inhibidores de la amilasa en los “extractos y hojas”

* como equivalente del ácido tánico ** como equivalente del diosgenin *** como ácido fitico.

3.11. Moringa como Alimento para Animales

La Moringa es uno de los forrajes aptos para ganado porcino, por la alta cantidad de proteína que estos animales precisan. Para cabras, ovejas, équidos, camellos y aves es igualmente muy bueno (Agrodesierto, 1999).

En ensayos constatados en diversas partes del mundo con ganado vacuno, porcino, ovino, caprino u avícola; se han constatado importantes incrementos en el rendimiento, tanto de ganancia de peso como de producción de leche.

Estos resultados han sido, mayores en animales con una dieta deficiente que en otros con dieta equilibrada (Agrodesierto, 1999).

En el caso de no rumiantes o monogástricos, principalmente aves y cerdos, el valor nutritivo de las hojas frescas se puede incrementar con la adición de un complemento, en este caso la enzima fitasa rompe los fitatos, lo que incrementa la absorción del fósforo contenido en las hojas frescas de Moringa. Esta enzima se suministra simplemente mezclándola someramente con las hojas frescas en las cantidades indicadas por el fabricante. No hay que calentarlo y su uso está contraindicado en rumiantes (Agrodesierto, 1998).

3.12. Concentrado de Hoja de Moringa

Es lo más conveniente para ganado avícola: pollos, gallinas, pavos ya que no suelen admitir el consumo directo de las hojas frescas o en polvo. La cantidad de proteína recomendada para las aves es del 22%, de esta cantidad la mitad se puede obtener a bajo costo del concentrado de hojas de marango (Agrodesierto, 1998).

El concentrado (húmedo o liofilizado) se mezcla y muele con los otros componentes del pienso. Empleando concentrado fresco se obtiene un pienso húmedo para consumo inmediato y empleando el liofilizado se obtiene un pienso seco que se conserva mejor durante más tiempo (Agrodesierto, 1998). Para la preparación del concentrado se ponen las hojas en agua e inmediatamente se pasa a través de un molino o trituradora.

La mezcla obtenida se calienta a unos 70° centígrados unos 10 minutos. En el fondo se depositará una capa compuesta básicamente de proteína precipitada.

Una vez eliminado el exceso de agua este concentrado puede liofilizarse (si se desea y si dispone del equipo) aunque no siempre hace falta desecar la mezcla. Con una temperatura de 330° C y una presión negativa de 50 mm se extraen la casi totalidad del agua (evaporación en vacío) (Agrodesierto, 1998).

3.13. Producción de Leche

Los rumiantes hacen un uso óptimo de las hojas de moringa frescas. Para la alimentación de vacas lecheras el corte de los rebrotes de marango se realiza a intervalos entre 35 y 45 días, esto de acuerdo a las condiciones de manejo del cultivo. El material cortado, tallos, ramas y hojas se pica y se suministra a los animales entre 15-17 kg de marango fresco diario aunque se puede llegar a ofrecer hasta 27 kg de material fresco/animal/día (Foidl et al., 1998).

Cuando se inicia la alimentación con Marango es posible requerir de un periodo de adaptación, mezclándolo con otros alimentos que se le ofrece al ganado. El Marango se puede utilizar como un complemento proteínico o sustituto completo. No se ha encontrado disminución en los volúmenes de leche, en animales que estaban en pastoreo y suplementados con concentrado y posteriormente se pasaron a pastoreo y suplemento de Moringa (Foidl et al., 1998).

Algunas personas opinan que *M. oleifera* le da un sabor peculiar a la leche, esto se soluciona fácilmente ordeñando los animales pasadas tres horas después de alimentar al animal a fin de evitar el sabor a hierbas en la leche (Agrodesierto, 1999).

El alto contenido proteico de las hojas de Marango debe balancearse con otros alimentos energéticos. Se puede utilizar una mezcla que consiste en un 40-50% de hojas de Marango con melaza, caña de azúcar, pasto elefante, plantas de sorgo dulce (joven), u otro alimento disponible en el ámbito local (Foidl et al., 1998).

Cuando se alimentó al ganado de leche con pasto *Hyparrhenia rufa* y paja de Sorgo suplementado con diferentes niveles de hojas de *M. oleifera*, este mostró una aceptación buena por los animales sin efecto tóxico alguno ni factores que limitan su consumo.

El punto de distensión del rumen no fue obtenido, por consiguiente una ecuación lineal se ajustó en el modelo $Y = 0.003 + 0.914X$; $r^2 = 0.99$ (Rocha, 1998). Esta respuesta significa que el consumo de Moringa podría ser más alto que los valores observados en este estudio.

Tabla 9. Oferta, Consumo y Forraje Residual de *Moringa* Suplementado en Ganado de Leche bajo Pastoreo (Adaptado por Rocha, 1998).

La oferta (% PV)	0.1	0.2	0.3
Residual (% PV)	0.001	0.014	0.024
Consumo(% PV)	0.099	0.186	0.276

El consumo de PB de las hojas de *M. oleifera* fue de 98, 183 y 271 g PB/vaca/día, para 0.1, 0.2 y 0.3% de PV respectivamente. El requerimiento concerniente para vacas lecheras que producen 6 kg de leche/día con 4% de grasa y 500 kg PV es 904 g PB/día (NRC, 1989), las hojas de *M. oleifera* proporcionaron 11, 20 y 30% respectivamente del requerimiento total de PB (Rocha, 1998).

Tabla 10. Consumo Promedio de PB de acuerdo a Diferentes Niveles de Suplementación con Hojas de *M. oleifera*, para Vacas Lecheras (Adaptado por Rocha, 1998).

Tratamiento en kg MS/100 kg PV	Consumo promedio de PB de <i>M. oleifera</i> (g/vaca/día)
0.0	0
0.1	98
0.2	183
0.3	271

Rocha (1998) encontró que las hojas de *M. oleifera* suplementadas al nivel de 0.3% PV aumentó la producción de leche a 13% con relación al tratamiento control que sólo había estado en pastoreo.

El efecto del consumo de las hojas de *Moringa* sobre la producción de leche se puede describir en el modelo de regresión lineal $Y = 5.0771 + 0.0459X$, $r^2 = 0.53$ ($p < 0.05$) donde Y es la producción de leche fresca en kg/vaca/día y X es el consumo de hojas de *Moringa* en kg MS/vaca/día.

Tabla 11. Valores Promedios y Resultados de la Prueba de Dunnett del Efecto de la Suplementación de Hojas de *Moringa* Sobre la Producción de Leche (kg/vaca/día) en Vacas Lecheras en Pastoreo (Rocha, 1998).

Niveles de <i>M. oleifera</i> (% de PV) ¹					
Grupos de vacas	0.0	0.1	0.2	0.3	La media del grupo
Final de la lactancia	5.003	5.413	5.118	5.530	5.266
Inicio de la lactancia	5.150	5.413	5.143	5.933	5.410
Promedios	5.076	5.413	5.130	5.731 *	-----

¹ en MS

* diferencias $P < 0.05$ según la prueba de Dunnett

3.14. Desarrollo del Ganado

En los componentes celulares de *Moringa* se encontraron altos niveles de sustancias de energía libres, que se conocen aumentan la eficacia de síntesis de la proteína microbiana (Becker, 1995) al mirar las tasas de fermentación de raciones con diferentes proporciones de henos estándares: Las hojas de *Moringa* produjeron variaciones en la fermentación en comparación con ambas comidas alimentadas separadamente. Esto muestra que hay alguna evidencia de un posible efecto asociativo en la asimilación y digestión de ambos alimentos cuando ellos estaban en una mezcla.

Ketelaars et al., (1991) citó para el Proyecto Biomasa (1999) que una planta que incrementa el nivel de proteína en la ración tiene un efecto positivo en el consumo, porque estimula un aumento en el nivel de eficiencia en la utilización de energía metabolizable, producido por una alta actividad microbiana.

Tabla 12. Consumo de *Moringa oleifera* y Heno y el Consumo Promedio Total de la Materia Seca en la Alimentación de Novillos con o sin *Moringa oleifera*.

Grupo de novillos	Consumo de MS <i>M. oleifera</i> (% de PV)	Consumo de MS de heno (% de PV)	Consumo promedio de MS total (% de PV)
Consumo de <i>M. oleifera</i>	0.59	2.18	2.77
Grupo control	0.00	2.06	2.06

Castellón y González (1996) en la alimentación de novillos en establos con heno de pasto estrella (*Cynodon dactylon*) o heno + suplemento de hojas de *M. oleifera* (0.6% de PV en MS) encontró diferencias significativas ($p < 0.0021$) en la ganancia de peso (0.045 contra 0.380 kg/animal/día) respectivamente.

Tabla 13. Ganancia de Peso en la Alimentación de Novillos en Establos (Estación Seca).

Alimentación de novillos con heno en establos	0.045 kg/día
Alimentación de novillos con heno en establos con suplementación de <i>M. oleifera</i> .	0.380 kg/día

3.15. Usos

M. oleifera y otras especies del género son una de las plantas más versátiles, aun sin ser fijador de nitrógeno, como los usos más importantes tenemos:

3.15.1. Comestibilidad: Todas las partes de la planta son comestibles, proporcionando excelente comida tanto para los humanos como para los animales.

El contenido de proteínas, vitaminas y minerales es sobresaliente, las frutas, flores y hojas contienen un porcentaje de 5-10% de proteína (Duke, 1983).

El sabor es agradable y las diversas partes se pueden consumir crudas (especialmente las hojas y flores) o cocinadas de diversas maneras. Las vainas son a menudo cocinadas y

comidas como arvejas, la raíz tiene un sabor similar al rábano picante, es usada como condimento y es una comida popular en el Este de África.

Sus hojas verdes son utilizadas en ensaladas o para sazonar alimentos, sus hojas y ramas verdes son usadas para condimentar el alimento del ganado, también se comen los frutos, semillas hojas y flores como verduras nutritivas en algunos países (Makkar y Becker, 1997).

3.15.2. Ornamentales: Se trata de árboles muy interesantes y de formas atractivas. Se pueden utilizar como árboles de sombra, como setos, pantalla visual y auditiva, incluso como cortavientos. Muchas especies, sobre todo los "árboles botella" son muy interesantes como ejemplares aislados (Foidl et al, 1999).

3.15.3. Aceite: La semilla de Moringa contiene un 35 % de aceite. Es un aceite de muy alta calidad, claro, inodoro, poco viscoso y dulce, utilizado en perfumería y en otros productos cosméticos, con un 73 % de ácido oleico, de calidad por tanto similar al aceite de oliva.

Empleado en cocina como condimento, no se vuelve rancio, muy bueno para aliño de ensaladas (Von Maydell, 1986). También puede tener interesantes aplicaciones en lubricación de mecanismos y fabricación de jabón y cosméticos.

Este aceite arde sin producir humo, es apto por tanto como combustible para lámparas. En algunos casos se utiliza para propósitos de lubricación (Foidl et al, 1999).

3.15.4. Silvicultura: Las semillas pueden ser plantadas ya sea directamente ó de recipientes. No requiere tratamiento de la semilla, estas germinan rápidamente alcanzando 5 m en un año si son protegidas de vientos que puedan secalas y si se les proporciona suficiente agua.

Las plantas que crecen de estacas de 1 m producen vainas desde el segundo año de vida para adelante con una producción máxima a los 4-5 años. En un medio ambiente favorable un árbol puede rendir de 50-70 kg de vainas por año (Sherkar, 1993).

3.15.5. Fertilizante: Los subproductos derivados del procesado de la semilla forman una torta muy indicada como fertilizante natural con un alto contenido en nitrógeno (Agrodesierto, 1998).

3.15.6. Forraje: Las hojas de Moringa constituyen uno de los forrajes más completos que se puedan imaginar. Muy ricas en proteína, vitaminas y minerales y con una palatabilidad excelente las hojas son ávidamente consumida por todo tipo de animales: Rumiantes, camellos, cerdos, aves, incluso carpas, tilapias y otros peces herbívoros (Foidl et al, 1999).

3.15.7. Melífero: El árbol en flor es una importantísima fuente de néctar para las abejas. (Agrodesierto, 1998).

3.15.8. Fuente de Hormonas Promotoras de Crecimiento Vegetal: El jugo de las plantas de Marango puede utilizarse a fin de producir una hormona natural obtenida a partir de extracto de hojas y tallos jóvenes a través de un proceso de trituración y extracción etanólica, esta es efectiva para el crecimiento de las plantas, aumentando el rendimiento en un 25-30% para: cebolla, pimiento verde, soya, maíz, sorgo, café, té, chile, melón. El principio activo es la Zeatina, una hormona vegetal del grupo de las Citoquininas. Este rocío foliar deberá usarse además de otros fertilizantes, riego y prácticas agrícolas razonables.

También es interesante hacer notar que las hojas de Moringa, incorporadas directamente al suelo previenen del ataque de ciertas plagas (Foidl et al, 1999).

3.15.9. Agroforestería: Muy útil para proteger otros cultivos en sistemas agroforestales. Al no ser un árbol excluyente es un buen soporte para otras especies trepadoras.

Es especialmente indicado para la modalidad de agricultura conocida como "Alley cropping" o "cultivo en callejones" que consiste en cultivar especies herbáceas anuales, o de ciclo corto, entre hileras de árboles que forman "callejones". También sirve de protección contra el viento y sol excesivo y enriquecen la tierra u otras características que lo hacen muy adecuado, como su crecimiento rápido, raíces verticales y profundas, pocas raíces laterales, escasa sombra y alta productividad de biomasa (Foidl et al, 1999).

3.15.10. Cercas Vivas: Moringa es un buen seto, de desarrollo muy rápido. Aunque algo sensible al viento como árbol solitario, pero en agrupaciones es bastante resistente. También es utilizado como cerca viva empleando los tallos de las plantas a modo de postes vivos, soporta los diversos elementos de cerramiento: alambres, vallas, también provee sombra y soporte de enredaderas de jardín (Louppe, 1999).

3.15.11. Leña o Madera: es ligera pero proporciona un combustible aceptable, especialmente para cocinar. Tiene una densidad media de 0.6 y un poder calorífico de 4.600 kcal/kg. La madera, frágil y blanda, apenas tiene otro interés que la elaboración de carbón vegetal o pulpa de papel, de excelente calidad en ambos casos (F/FRED, 1992).

3.15.12. Clarificador del Agua: Las semillas machacadas, atraen bacterias y virus que se les quedan adheridos; estas semillas se separan posteriormente colando el agua o atrapándolas en las diversas capas de filtración.

Por estas razones, los investigadores recomiendan la plantación de estos árboles, pues con sus semillas podrían evitarse los millones de muertes que ocasiona anualmente el agua contaminada.

Las semillas como floculante que capturan las partículas en suspensión en el agua y provocando que se agreguen entre sí y se precipiten al fondo pueden emplearse artesanalmente moliéndolas y envolviéndolas en algún tipo de tejido que impida que se disgreguen al introducirlas en el agua a purificar (Foidl et al., 1999).

3.15.13. Medicinal: La *M. oleifera* tiene aplicaciones medicinales muy variadas, especialmente en sus países de origen, varias partes de la planta de moringa son utilizadas como diuréticos y en el tratamiento de las enfermedades de la vejiga.

Además las hojas son muy útiles en la producción de bio-gas, trituradas se emplean en áreas muy remotas como agente de limpieza. De la corteza se extraen fibras aptas para elaboración de cuerdas, esteras, felpudos y una goma que es usada como condimento o en el tratamiento de algunas enfermedades del estomago, de esta goma y de la corteza en sí también se extraen taninos, empleados en la industria del curtido de pieles (Agrodesierto,1999).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del Área Experimental

Este experimento se realizó durante el periodo de Octubre del 2001 a Noviembre del 2002 en la finca “Santa Rosa” propiedad de la Universidad Nacional Agraria (U.N.A), ubicada al Norte de la comunidad de Sabana Grande del municipio de Managua, localizada geográficamente a 12°08’15” de latitud Norte y 86°09’36” de longitud Este y a una elevación de 56 m.s.n.m. (INETER, 2003).

4.2. Condiciones Edafoclimaticas

Las condiciones climáticas del área experimental corresponden a una zona de vida ecológica de bosque tropical seco, con un rango de precipitación histórica de 1403.4 mm por año y una temperatura media anual de 27.3°C, durante el experimento la precipitación media anual fue de 1337.5 mm, con una humedad relativa media anual de 72.22 % (INETER, 2003).

El régimen pluviométrico de la región se caracteriza por presentar una distribución bimodal con una época seca entre los meses de Noviembre a Abril y una temporada húmeda entre los meses de Mayo a Octubre.

Antes de la siembra se tomaron muestras del suelo para realizar análisis físico y químico, en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria. Los suelos donde se estableció el área experimental pertenecen a la serie Sabana Grande con una topografía plana, de origen volcánico, tiene una pendiente mínima, con bajo porcentaje de materia orgánica y de Nitrógeno (1.97% y 0.09% respectivamente). Estos suelos presentan 17.33 ppm de fósforo, 1.96 meq/100gr de suelo de potasio y un pH de 7 clasificado como neutro (Laboratorio de Suelo de la Universidad Nacional Agraria, 2001).

Tabla 14. Análisis Químico del Suelo.

Profundidad (cm)	pH	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (meq/100 g)
0 - 30	7	1.97	0.09	17.33	1.96

Los suelos tienen una textura franco arenosa, con un 17.5% de arcilla, 22.5% de limo y 60% de arena, con un buen drenaje. Son suelos de clase tres (Sistema Estadounidense) apropiados para la agricultura, las principales limitaciones son la erosión y la baja fertilidad.

Tabla 15. Análisis Físico del Suelo.

% de Arcilla	% de Limo	% de Arena	Clase de Textura
17.5	22.5	60	Franco Arenoso

4.3. Descripción del Ensayo

El área de establecimiento fue seleccionada después de realizar una visita evaluativa de las condiciones del terreno (área disponible, facilidad de acceso, dirección de la pendiente), una vez seleccionada el área se procedió al establecimiento de cuatro bloques perpendiculares a la pendiente y se midieron 3 parcelas grandes dentro de cada bloque y 3 parcelas pequeñas dentro de cada parcela grande.

El área total del ensayo fue de 1,440 m², cada parcela pequeña tenía un área experimental de 20 m² al eliminar el efecto borde de la parcela se obtenía un área útil 12 m². Al finalizar la distribución del área, se obtuvo como resultado un total de 36 sub-parcelas, con una distancia entre parcelas de 1m, distancia entre bloques de 2 m, una ronda de 2 m alrededor, para facilitar el manejo del ensayo y las labores agronómicas.

4.4. Manejo Agronómico

4.4.1. Preparación del Suelo y Siembra

La preparación del suelo fue hecha por laboreo convencional (cuyo objetivo principal fue permitir un buen crecimiento y desarrollo de las plántulas) procediéndose a la limpieza del terreno de todo tipo de malezas y desechos (piedras, troncos, raíces), posteriormente, utilizando tractor y equipo mecánico se realizó la roturación del suelo con arado de disco seguido de dos pases de grada.

La siembra se realizó manualmente con semilla botánica colocada a una profundidad de 1 cm, se utilizó dos semillas por golpe, sin riego y con una fertilización equivalente a 2 quintales de urea y 2 quintales de completo (N/P/K 15-15-15) en dos partes, una después de la siembra y la otra parte después del corte de uniformidad.

La limpieza del ensayo fue realizada de forma manual siguiendo lo dispuesto en el calendario de actividades, para ello se utilizaron machetes, azadones, rastrillos, carretillas. La primera limpieza se realizó 25 días después de la germinación, esto como método de prevención contra posibles ataques de malezas que pudieran impedir y afectar la emergencia de las plántulas. Posteriormente se realizaban limpiezas mensualmente.

4.4.2. Control de Plagas y Enfermedades

La incidencia de plagas en el ensayo fue mínima, y no se observó influencia alguna que limitara el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los ataques más comunes a los que estuvo expuesto el cultivo fueron: Zompopos (*Atta spp.*) para lo cual se utilizó el control químico y con respecto a las enfermedades no se observó ninguna que causara efectos adversos al desarrollo de la planta.

4.5. Corte de Uniformidad

El Corte de uniformidad se realizó el 3 de octubre del 2001, a una altura de 20 cm del suelo y después inició la evaluación. Después del corte de uniformidad las plantas se cosecharon a una altura de 30 cm. Durante la época seca, sino ocurría un crecimiento de más de 15 cm en dos cortes consecutivos, los cortes no se realizaban y se reportaba como producción igual a cero.

4.6. Descripción de los Tratamientos y Diseño Experimental

Los factores a evaluar fueron: Tres frecuencias de corte (45, 60, 75 días) y tres densidades de siembra (250,000, 500,000 y 750,000 plantas por ha). El diseño experimental utilizado fue un Bloque Completo al Azar con arreglo en parcelas divididas. Se realizó una doble azarización, utilizando la tabla de los números aleatorios, primero las densidades de siembra fueron azarizadas en las parcelas principales, posteriormente, las frecuencias de corte en las sub.-parcelas, generando nueve combinaciones de tratamientos.

Tabla 16. Descripción de los Tratamientos.

Tratamientos	Densidad de plantas	Frecuencias de corte
1	250,000	45 días
2	250,000	60 días
3	250,000	75 días
4	500,000	45 días
5	500,000	60 días
6	500,000	75 días
7	750,000	45 días
8	750,000	60 días
9	750,000	75 días

4.7. Modelo Estadístico

El modelo estadístico utilizado en la presente investigación fue el siguiente:

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

Dónde:

$$i = 1 \dots r = 4$$

$$j = 1 \dots d = 3$$

$$k = 1 \dots f = 3$$

$$l = 1 \dots E = 2$$

Y_{ijk} = Cualquier observación en el i-esimo bloque con la j-esima densidad de siembra, k-esima frecuencia de corte y l – esima época del año.

μ = Valor media general.

B_i = Efecto de i-esimo bloque o replica.

D_j = Efecto de j-esima densidad de siembra.

$(BD)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-esimo bloque con la j-esima densidad de siembra.

F_k = Efecto de k-esima frecuencia de corte.

$(DF)_{jk}$ = Efecto de la interacción de la j-esima densidad de siembra con la k-esima frecuencia de corte

E_{ijk} = Error experimental.

4.8. Descripción de las Variables

4.8.1. Rendimiento de Materia Fresca Total (RMFT)

Para la obtención del rendimiento de Materia Fresca por hectárea se efectuó el corte del material vegetativo correspondiente a la parcela útil a una altura de 30 cm (por cada repetición, densidad y frecuencia de corte) se pesaba y registraba para estimar la producción Materia Fresca Total por hectárea mediante la siguiente fórmula:

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

4.8.2. Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (RMFFF)

La porción fracción fina corresponde a la parte de la planta compuesta principalmente por hojas, pecíolos y tallos finos con diámetros menores a 5 mm, constituyen la parte de mayor interés forrajero (Mármol, 1994). La cual era separada manualmente, pesada y registrada para calcular el RMFFF por hectárea utilizando la siguiente fórmula:

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

4.8.3. Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (RMFFG)

La porción fracción gruesa corresponde a la parte de la planta con tallos de diámetros mayores a 5 mm, la cual se separaba manualmente, se pesaba y registraba para estimar RMFFG por hectárea mediante la siguiente fórmula:

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

4.8.4. Porcentaje de Materia Seca (%MS)

Después de que se cosechaba, pesaba y registraba la materia seca por cada subparcela una muestra del material se tomaba para determinar el contenido de materia seca. La muestra era llevada al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional Agraria, donde era secada en un horno de circulación forzada de aire a 60°C durante 48 horas. Posteriormente el material se pesaba, se molía y almacenaba en un frasco de vidrio debidamente identificada. Luego, del material molido se tomaba una muestra de 5 gramos y se colocaba en un horno a 105°C durante 4 horas para calcularle humedad residual y estimar materia seca mediante la siguiente fórmula:

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

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

4.8.5. Rendimiento de Materia Seca Total (RMST)

Se estimó mediante la siguiente fórmula:

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

4.8.6. Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (MSFFF)

Se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{MSFFF} = \frac{\text{MFFF} \times (\% \text{MS})}{100}$$

4.8.7. Altura Promedio de la Planta (APP)

Para estimar la altura promedio de las plantas se tomaron 5 plantas diferentes al azar de cada sub-parcela y se medían con una cinta métrica desde la base de la planta hasta la punta de la última hoja, luego se calculaba el promedio.

4.8.8. Tasa de Crecimiento (TC)

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

$$TC = \frac{RMST \text{ (kg/ha /corte)}}{\text{Frec. de corte (días)}}$$

4.8.9. Porcentaje de Ceniza (%)

La determinación se realizó tomando una muestra de 1g (muestra que estuvo en el horno por 48h a 60°C) que se colocaba en un crisol de porcelana, se incineraba en un mechero durante cinco minutos aproximadamente, luego se introducía en una mufla a temperatura de 550°C durante dos horas, después de este lapso de tiempo se sacaban y colocaban en los enfriadores por 10 minutos y se tomaba el peso. Con los datos obtenidos se procedía a realizar el cálculo del % de ceniza a través de la siguiente fórmula:

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

4.9. Análisis Estadístico

Todos los análisis fueron realizados con el paquete estadístico MINITAB, Versión 13.0 para computadoras personales (2001). Antes, fueron realizados análisis preliminares para determinar el grado de normalidad de la información. Para ello, se determinaron las medias, las varianzas y los coeficientes de variación de cada variable por tratamiento. De acuerdo con lo anterior, se realizó la siguiente transformación de variable:

Transformación de la raíz cuadrada: este tipo de transformación se utiliza cuando los datos comprenden números enteros pequeños, datos porcentuales basados en un recuento y que al ser transformados se logra un mejor análisis de los datos (Steel y Torrie, 1989). Este tipo de transformación únicamente se aplicó a la variable de Materia Fresca Fracción Gruesa (ton/ha/año).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Rendimiento de Materia Fresca Total (RMFT)

En los resultados encontrados en el análisis de varianza del Rendimiento de Materia Fresca Total (Tabla 17), se puede apreciar que existe un efecto significativo ($P < 0.05$) de las frecuencias de corte y épocas del año, por otro lado no existe efecto significativo ($P > 0.05$) para bloque, densidad de siembra y las interacciones bloque por densidad y densidad por frecuencia.

Tabla 17. Análisis de Varianza del Rendimiento de Materia Fresca Total en ton/ha/año.

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	838	279	0.24	0.866 ns
Densidad	2	353	177	0.15	0.857 ns
Bloque * Densidad	6	409	68	0.06	0.999 ns
Frecuencia	2	8457	4228	3.68	0.027 *
Densidad * Frecuencia	4	808	202	0.18	0.951 ns
Épocas	1	101414	101414	88.33	0.000 *
Error	209	239948	1148		
Total	227				

ns: no significativo

*: significativo

Al realizar la comparación de medias por la Prueba de Tukey para el Rendimiento de Materia Fresca Total (Tabla 18) con respecto a las diferentes frecuencias de corte se encontró que el mayor rendimiento se obtiene con la frecuencia de corte de 75 días con 81.03 ton/ha/año, la que difiere estadísticamente ($P < 0.05$), de la frecuencia de corte a los 45 días que obtuvo los menores rendimientos con 53.55 ton/ha/año, pero no difiere significativamente ($P > 0.05$) del rendimiento obtenido en la frecuencia de corte a los 60 días con 61.9 ton/ha/año, esta última no difiere del rendimiento obtenido en la frecuencia de corte a los 45 días.

Tabla 18. Comparaciones de Medias Obtenidas en la Variable Rendimiento de Materia Fresca Total en ton/ha/año.

Frecuencias de corte (días)	Medias (ton/ha/año)	Prueba Tukey (5%)
45	53.55	a*
60	61.90	ab
75	81.03	b

* Letras que difieren entre si muestran un efecto significativo ($P < 0.05$)

Los resultados encontrados en este experimento con la frecuencia de corte a los 45 días (53.55 ton/ha/año) son similares a los reportados por Foidl et al., (1999) que obtuvo 52.6 ton/ha/año para similares densidades de siembra y frecuencia de corte, sin embargo su resultado es inferior al obtenido con las frecuencias de corte a los 60 días (61.9 ton/ha/año) y la frecuencia de corte a los 75 días (81.03 ton/ha/año), estas diferencias probablemente son debidas a diferencias de suelo, manejo de los ensayos y variaciones en las precipitaciones.

La tendencia encontrada en aumentar el rendimiento cuando se utilizan frecuencias de cortes prolongadas se explica por la posibilidad que la planta tiene de acumular reservas durante un mayor período de tiempo y consecuentemente tener un rebrote más vigoroso y dando como resultado una mayor producción.

En la Tabla 19, se muestra la comparación de medias por la Prueba de Tukey, con relación al efecto que tiene la época del año sobre RMFT, obteniendo que el mejor resultado es en la época de lluvia con 53.75 ton/ha/época, la que difiere significativamente ($P < 0,05$) del rendimiento obtenido en la época de seca (10.31 ton/ha/época). Estas diferencias son debidas principalmente a las divergentes condiciones climáticas imperantes en ambas épocas, fundamentalmente relacionada con las precipitaciones.

Tabla 19. Comparaciones de Medias Sobre el Rendimiento de Materia Fresca Total en dos épocas del año para *M. Oleifera*.

Épocas	Medias (ton/ha/época)	Prueba Tukey (5%)
Lluvia	53.75	*a
Seca	10.31	b

* Letras que difieren verticalmente poseen diferencias significativas ($P < 0.05$).

5.2. Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (RMFFF)

En la Tabla 20, se muestra el análisis de varianza para el Rendimiento de Materia fresca Fracción Fina, encontrándose que no existe diferencia significativa ($P > 0,05$) para el efecto de bloque, densidad, frecuencia de corte, ni en las interacciones bloque por densidad y densidad por frecuencia, mostrando diferencia significativa ($P < 0,05$) únicamente el efecto de época.

Tabla 20. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina (ton/ha/año).

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	317.1	105.7	0.33	0.807 ns
Densidad	2	72.8	36.4	0.11	0.894 ns
Bloque * Densidad	6	101.0	16.8	0.05	0.999 ns
Frecuencia	2	133.1	66.5	0.21	0.815 ns
Densidad * Frecuencia	4	398.4	99.6	0.31	0.873 ns
Épocas	1	26306.2	26306.2	81.09	0.000 *
Error	209	67797.8	324.4		
Total	227				

ns: no significativo

*: significativo

Al comparar las medias de Rendimiento de MFFF por época del año, por la Prueba de Tukey, se encontró que existe una gran diferencia entre las medias de una época con respecto a la otra, pudiéndose separar en dos categorías estadísticas como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Comparaciones de Medias en el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Fina para diferentes épocas del año.

Épocas	Medias (ton/ha/época)	Prueba Tukey (5%)
Lluvia	28.80	*a
Seca	7.32	b

* Letras que difieren entre si de forma vertical poseen diferencias significativas ($P < 0.05$)

5.3. Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (RMFFG)

En la Tabla 22, se muestra el análisis de varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (MFFG) en el cual, puede observarse que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) para bloque, densidad y las interacciones bloque por densidad y densidad por frecuencia, encontrándose diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para frecuencias de corte y época del año.

Tabla 22. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa (ton/ha/año).

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	1.489	0.496	0.09	0.964 ns
Densidad	2	4.071	2.035	0.38	0.682 ns
Bloque * Densidad	6	2.870	0.478	0.09	0.997 ns
Frecuencia	2	102.127	51.063	9.61	0.000 *
Densidad * Frecuencia	4	2.324	0.581	0.11	0.979 ns
Épocas	1	450.644	450.644	84.85	0.000 *
Error	209	1110.006	5.311		
Total	227				

ns: no significativo

*: significativo

Transformación con raíz cuadrada

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.

Al realizar la comparación de medias, mediante la prueba de Tukey (Tabla 23), se encontró que el mayor rendimiento fue para la frecuencia de corte 3 (75 días) con 43.68 ton/ha/año, la que difiere estadísticamente ($P < 0.05$) de la frecuencia de corte 2 (60 días) con 20.82 ton/ha/año, la frecuencia de corte 1 (45 días) con 14.58 ton/ha/año, las que a su vez no difieren entre sí ($P > 0.05$).

Tabla 23. Comparaciones de Medias para la Variable el Rendimiento de Materia Fresca Fracción Gruesa sobre tres frecuencias de corte.

Tratamiento (días)	Medias (ton/ha/año)	Prueba Tukey (5%)
45	14.58	*a
60	20.82	a
75	43.68	b

* Letras que difieren verticalmente poseen diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$).

Los resultados encontrados son congruentes con la fisiología de la planta, ya que al avanzar la edad de la planta está acumulando una mayor cantidad de sustancias estructurales fibrosas (como celulosa, hemicelulosa y lignina) que conllevan al engrosamiento de los tallos y a la disminución de su valor nutricional.

Con relación a la comparación de medias por la Prueba de Tukey para el efecto de época sobre MFFG la época de lluvia presenta la mayor producción con 22.82 ton/ha/época, la que difiere estadísticamente de la época de seca con 2.21 ton/ha/época.

Tabla 24. Diferencias entre medias de materia fresca fracción gruesa bajo distintas épocas en el año.

Épocas	Medias (ton/ha/época)	Prueba Tukey (5%)
Lluvia	22.82	*a
Seca	2.21	b

* Letras que difieren verticalmente entre sí poseen diferencias significativas ($P < 0.05$).

5.4. Porcentaje de Materia Seca (%MS)

Las diferentes densidades de siembra, bloques e interacciones bloque por densidad y densidad de siembra por frecuencias de cortes, no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$), sin embargo, los efectos de frecuencias de corte y épocas produjeron un efecto significativo ($P<0.05$) sobre el porcentaje de materia seca de *M. oleifera* (Tabla 25).

Tabla 25. Análisis de Varianza para la Variable Porcentaje de Materia Seca en *M. oleifera*.

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	124.33	41.44	0.65	0.585 ns
Densidad	2	52.99	26.49	0.41	0.661 ns
Bloque * Densidad	6	152.60	25.43	0.40	0.880 ns
Frecuencia	2	455.16	227.58	3.56	0.030 *
Densidad * Frecuencia	4	34.31	8.58	0.13	0.970 ns
Épocas	1	424.89	424.89	6.64	0.011 *
Error	209	13370.27	63.97		
Total	227				

ns: no significativo

*: significativo

En la comparación de medias por la Prueba de Tukey para frecuencias de cortes (Tabla 26) se encontró que la frecuencia de corte a los 75 días presenta el mayor porcentaje de materia seca con 17.97%, la que difiere significativamente ($P<0.05$) de la frecuencia de corte a los 45 días (16.42%) y de la frecuencia de corte a los 60 días (16.88%) las que no mostraron diferencias estadísticas significantes ($P>0.05$) entre sí.

Tabla 26. Comparaciones de Medias en el Porcentaje de Materia Seca sometido a diferentes frecuencias de corte en el año.

Frecuencias	Medias (%)	Prueba Tukey (5%)
45	16.42	*a
60	16.88	a
75	17.97	b

* Letras que difieren verticalmente tienen un efecto significativo ($P<0.05$).

Estos datos son inferiores a los reportados por Foidl et al. (1999) y Malik M.Y (1969) que reportan 21 % y 42.7% de Materia Seca respectivamente, las divergencias con estos

pueden ser debido a diferencias en edades de las plantas y parte de la planta sometida a análisis.

Los Porcentajes de Materia Seca para *Moringa oleifera*, obtenidos en este trabajo son similares a los reportados por Rodríguez (1982, citado por Benavides 1991), para otros árboles y arbustos forrajeros, como; Chicasquil fino (*Cnidoscolus aconitifolius*) (16.50%), Chichipince (*Hamelia patens*) (17.50%), Carbón blanco (*Mimosa platycarpa*) (16.0%), Nacascolo (*Libidibia coriaria*) (16.0%), Bilil (*Polimnia sp*) (17.90%), Amapola (*Malvaviscus arboreus*) (16,50%) y Guarumo (*Cecropia peltata*) (19,70%).

Al hacer la comparación de medias para el Porcentaje de Materia Seca por época se encontró que el mayor porcentaje de materia seca se produjo en la época de seca (18.21%), la que difiere significativamente ($P < 0.05$), del valor obtenido para la época de lluvia (15.97%).

Tabla 27. Comparaciones de Medias Obtenidas en el Porcentaje de Materia Seca diferenciados en distintas épocas del año.

Épocas	Medias (%)	Prueba Tukey (5%)
Lluvia	15.97	*a
Seca	18.21	b

* Letras que difieren verticalmente poseen diferencia significativa ($P < 0.05$).

5.5. Rendimiento de Materia Seca Total (RMST)

En esta variable se observó que existe una diferencia significativa solo entre frecuencias de cortes y épocas del año a un nivel de significancia de $P < 0.05$. En el análisis de varianza (Tabla 28), también se demuestra que bloques, densidad y las interacciones bloque por densidad y densidad por frecuencia no muestran diferencia estadística ($P > 0.05$).

Tabla 28. Análisis de Varianza del Rendimiento de Materia Seca Total en ton/ha/año.

F de V	Gl	SC	CM	F	P
Bloque	3	15.37	5.12	0.16	0.920 ns
Densidad	2	17.50	8.75	0.28	0.755 ns
Bloque * Densidad	6	25.22	4.20	0.14	0.992 ns
Frecuencia	2	446.22	223.26	7.18	0.001 *
Densidad * Frecuencia	4	17.53	4.38	0.14	0.967 ns
Épocas	1	2468.96	2468.96	79.35	0.000 *
Error	209	6503.21	31.12		
Total	227				

ns: no significativo

*: significativo

En la comparación de medias, por la Prueba de Tukey, para frecuencias de cortes (Tabla 29), se encontró que la frecuencia de corte a los (75 días presentó la mayor producción de Materia Seca Total, con un valor de 14.44 ton MS/ha/año, y que difiere estadísticamente de la frecuencia de corte a los 60 días con 9.85 ton MS/ha/año, de la frecuencia de corte a los 45 días con 8.18 ton MS/ha/año, las que no difieren significativamente ($P>0.05$) entre sí.

Tabla 29. Comparaciones de Medias en el Rendimiento de Materia Seca Total ton/ha/año con diferentes frecuencias de corte en *M. oleifera*.

Frecuencias (días)	Medias (ton/ha/año)	Prueba Tukey (5%)
45	8.18	*a
60	9.85	a
75	14.44	b

* Letras que difieren verticalmente son diferentes estadísticamente entre si ($P<0.05$).

La producción de Materia Seca Total de *M. oleifera*, incrementó significativamente a frecuencias de cortes más prolongadas (75 días). Teague (1989), menciona que defoliaciones frecuentes conducen a la planta a un descenso en los niveles de carbohidratos de reserva que son requeridos para respiración y crecimiento. Los árboles con mayores períodos de recuperación presentan mejores niveles de carbohidratos de reserva que plantas con períodos muy cortos entre cortes. Esos mayores niveles de carbohidratos pueden ser los responsables de mayores y más vigorosos rebrotes que ocasionan incrementos en el potencial para el crecimiento.

Al respecto, Humphreys (1967) indica que, los cortes muy frecuentes pueden inhibir prácticamente la asimilación de nutrientes y reducir apreciablemente las reservas de carbohidratos, lo cual puede influir notablemente en el desarrollo del área foliar y afectar, por lo tanto, la tasa fotosintética.

Nuestros resultados con relación al RMST respecto al comportamiento de las frecuencias de cortes coinciden con Clavero et al., (1999) que evaluó el efecto de las frecuencias de corte sobre el rendimiento de materia seca, en *Gliricidia sepium* observando un aumento en el rendimiento al aumentar las frecuencias de corte.

Sin embargo, difieren de lo encontrado por Razz et al., (1992) que evaluando el efecto de diferentes frecuencias de corte sobre el rendimiento de materia seca en *Leucaena leucocephala* (Lam.), no encontró diferencias significativas, debido a las condiciones climáticas adversas reinantes durante la investigación, las cuales en la mayoría de los casos no permitieron que la edad cronológica coincidiera con la edad fisiológica de la planta, enmascarando de ésta forma el efecto de la frecuencia de corte.

Los resultados obtenidos no coinciden con los reportados por Foidl et al., (1999) que obtuvieron producciones de 4.16 y 5.07 ton/ha/año a una frecuencia de 45 días y densidades de 350,000 y 900,000 plantas/ha respectivamente, siendo menores a los de esta investigación que reporta rendimientos de 8.18 ton/ha/año, para la frecuencia de corte de 45 días.

En la Tabla 30, se muestra la comparación de medias por la Prueba de Tukey, donde se observa que existe diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre la época de lluvia y la época de seca, para rendimiento de materia seca total, agrupando las medias en dos categorías estadística muy bien diferenciadas.

El mayor rendimiento de materia seca total corresponde a la época de lluvia (1), esta apreciación coincide con Crowder (1977), quien indica que se obtienen buenas producciones de forraje cuando hay suficiente humedad disponible en el suelo.

Tabla 30. Comparaciones de Medias para la Variable del Rendimiento de Materia Seca Total evaluadas en distintas épocas del año.

Épocas	Medias (ton/ha/época)	Prueba Tukey (5%)
Lluvia	8.68	*a
Seca	1.83	b

* Letras que verticalmente son diferentes poseen significancia ($P < 0.05$).

Por otro lado, la superioridad mostrada por la época lluviosa con relación a esta variable, se estima también esté asociada con una mayor intensidad lumínica, en virtud de que un aumento de la intensidad de luz se traduce en una mayor transpiración y transporte de sustancias en la planta, la cual influye notablemente en la traslocación y distribución de los nutrientes. Por otro lado, durante los días de mayor duración de la luz ocurrirá la fotosíntesis por un espacio de tiempo mayor que en los días de período lumínico más corto.

Por su parte, Funes et al., (1979), señala que bajo adecuadas condiciones de humedad y nutrimentos, el crecimiento, producción, y calidad del forraje, dependen de un grupo de factores, en especial, de aquellos relacionados con la radiación solar, ya que ésta afecta directamente a la fotosíntesis e indirectamente a otros procesos metabólicos.

5.6. Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (RMSFF)

La variable Materia Seca Fracción fina mostró una respuesta significativa ($P < 0,01$) solo para la época del año, mientras que el efecto de los demás factores tales como densidad, frecuencia, bloque y las interacciones bloque por densidad y densidad por frecuencia no mostraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) importantes; en la Tabla 31 se observan los resultados obtenidos al respecto.

Tabla 31. Análisis de Varianza para el Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina (ton/ha/año).

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	5.148	1.716	0.21	0.892 ns
Densidad	2	4.351	2.175	0.26	0.771 ns
Bloque * Densidad	6	5.729	0.955	0.11	0.995 ns
Frecuencia	2	4.217	2.108	0.25	0.777 ns
Densidad * Frecuencia	4	9.332	2.333	0.28	0.891 ns
Épocas	1	605.980	605.980	72.63	0.000 *
Error	209	1743.687	8.343		
Total	227				

ns: no significativo

*: significativo

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 a partir de una planta (Pathak, et al.,1980).

Con relación a la MSFF en la Tabla 32 se muestra los resultados de la comparación de medias mediante la prueba de Tukey por época del año, encontrando que la época de lluvia presentó la mayor producción con 4.58 ton MS/ha, la que difiere estadísticamente ($P < 0.05$) de la producción obtenida en la época de seca (1.29 ton MS/ha), esto coincide con Hutton (1992), que sostiene que el rendimiento y morfología de las plantas depende de los factores ambientales, los cuales varían en el transcurso del año.

Estos resultados evidencian que *Moringa oleifera*, además de tolerar la sequía, es capaz de crecer durante el período seco. No obstante, en el período lluvioso con un ambiente más favorable para el crecimiento, ante la ausencia de prolongados déficit hídricos, se incrementó la producción de forraje.

Tabla 32. Diferencias de medias del Rendimiento de Materia Seca Fracción Fina, en dos épocas del año.

Épocas	Medias (ton/ha/época)	Prueba Tukey (5%)
Lluvia	4.58	*a
Seca	1.29	b

* Letras que difieren verticalmente difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

5.7. Altura Promedio de la Planta

La altura de la planta, es un componente del rendimiento que permite conocer cuando puede ser cosechada al correlacionarlo con otros factores (Mishra et al., 1991). En la Tabla 33, se puede observar los resultados obtenidos del análisis de varianza de la Altura de la Planta, los cuales muestran que se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) para el efecto de frecuencia de corte y época del año. No se encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) para el efecto de bloque, densidad y las interacciones bloque por densidad y densidad por frecuencia.

Tabla 33. Análisis de Varianza para la Variable Altura Promedio de la Planta.

F de V	Gl	SC	CM	F	P
Bloque	3	2379	793	0.20	0.894 ns
Densidad	2	1453	726	0.19	0.830 ns
Bloque * Densidad	6	2078	346	0.09	0.997 ns
Frecuencia	2	85326	42663	10.92	0.000 *
Densidad * Frecuencia	4	1488	372	0.10	0.984 ns
Épocas	1	248032	248032	63.49	0.000 *
Error	209	816514	3907		
Total	227				

ns: no significativo

*: significativo

Al comprobar que existen efectos significativos ($P < 0.05$) de la frecuencia de corte sobre la Altura Promedio de las plantas de *M. oleifera* (Tabla 34), se realizó la comparación de medias, por la Prueba de Tukey, encontrándose que la menor altura se obtuvo en la frecuencia de corte a los 45 días con un valor de 89.15 cm, la que no difiere de la frecuencia de corte a los 60 días con 103.62 cm, pero difiere significativamente ($P > 0.05$) de la frecuencia de corte a los 75 días presentando un valor en altura de 149.78 cm.

Estos resultados concuerdan con el comportamiento fisiológico de la planta, en el sentido de que, a mayor período de recuperación (Ej. Frecuencia de corte de 75 días) la planta alcanza una mayor altura coincidiendo con Weinman, citado por Voisin (1967) que considera que los tiempos de reposo excesivamente cortos en las plantas forrajeras, disminuyen la potencialidad de estas plantas para producir rebrotes y alcanzar una mayor altura, pero esto posiblemente depende de la adaptación de la especie al medio ambiente y de la humedad disponible en el suelo.

Tabla 34. Comparaciones de Medias de la Altura de la Planta con respecto a las diferentes frecuencias de cortes.

Frecuencias(días)	Medias (cm)	Prueba Tukey (5%)
45	89.15	*a
60	103.62	a
75	149.78	b

* Las medias con diferencias entre letras verticalmente difieren entre tratamientos ($P < 0.05$).

En la Tabla 35, se muestra la comparación de medias, por la Prueba de Tukey, para altura de la planta con relación a la época del año, observándose la mayor altura de la planta en la época de lluvia (148.57 cm), la que difiere estadísticamente ($P < 0.05$) de la altura alcanzada en la época de seca (79.80 cm). Estas diferencias se deben, principalmente, al stress hídrico que sufren las plantas en los períodos de menor precipitación.

Tabla 35. Comparaciones de Medias de la Altura de la Planta en diferentes épocas del año.

Épocas	Medias (cm)	Prueba de Tukey (5%)
Lluvia	148.57	*a
Seca	79.80	b

* Letras que difieran verticalmente entre si son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

5.8. Tasa de Crecimiento (TC)

El análisis de varianza (Tabla 36) muestra que las frecuencias de corte y las épocas del año son los únicos factores que tienen diferencia significativas ($P < 0.05$) en la Tasa de Crecimiento de *M. oleifera*, y que no existe diferencias estadísticas ($P > 0.05$) para bloques, densidad y las interacciones bloque por densidad y densidad por frecuencia.

Tabla 36. Análisis de Varianza de la Variable Tasa de Crecimiento (kg MS/ha/día).

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	422.4	140.8	0.18	0.910 ns
Densidad	2	522.6	261.3	0.33	0.716 ns
Bloque * Densidad	6	705.8	117.6	0.15	0.989 ns
Frecuencia	2	5748.1	2874.0	3.68	0.027*
Densidad * Frecuencia	4	569.2	142.3	0.18	0.947 ns
Épocas	1	60267.9	60267.9	77.24	0.000 *
Error	209	163079.2	780.3		
Total	227				

ns: no significativo

*: significativo

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

Al realizar la comparación de medias, por la Prueba de Tukey, para la Tasa de Crecimiento (Tabla 37) con respecto a las diferentes frecuencias de corte, mostró que la mayor TC se obtiene con la frecuencia de corte a los 75 días con 34.70 kg MS/ha/día, la que difiere estadísticamente ($P < 0.05$) de la frecuencia de corte a los 45 días que obtuvo la menor TC con 22.73 kg MS/ha/día, pero no difiere significativamente ($P > 0.05$) de la TC obtenida en la frecuencia de corte a los 60 días con 27.41 kg MS/ha/día, esta última no difiere ($P > 0.05$) del rendimiento obtenido en la frecuencia de corte de 45 días, este comportamiento se explica ya que a medida que el intervalo entre corte es mayor la TC aumenta.

Tabla 37. Comparaciones entre Medias de las Tasas de Crecimiento sometidas a diferentes frecuencias de corte.

Frecuencias (días)	Medias (kg MS/ha/día)	Prueba Tukey (5%)
45	22.73	*a
60	27.41	ab
75	34.70	b

* Letras que difieren entre si verticalmente difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Según Foidl et al., (1999) obtuvieron Tasas de Crecimiento de 23.11 kg MS/ha/día, para densidades de 350,000 plantas/ha y tasas de crecimiento de 28.15 kg MS/ha/día para densidades de 900,000 plantas/ha, trabajando con una frecuencias de corte de 45 días. Estos valores son similares a los encontrados en nuestro experimento que están entre 22.73 kg MS/ha/día y 34.70 kg MS/ha/día, para las frecuencias de corte a los 45 y 75 días respectivamente.

En la tabla 38, muestra la diferencia que existe en la Tasa de Crecimiento de *M. oleifera*, bajo la influencia de las épocas del año, observando que existe diferencia en los resultados obtenidos en la época de lluvia y la época de seca, agrupándolas en dos categorías bien diferenciadas ($P < 0.05$), por la Prueba de Tukey, observando que la mayor TC corresponde a la época de lluvia con 44.23 kg MS/ha/día.

Tabla 38. Comparaciones entre Medias de las Tasas de Crecimiento encontradas en dos épocas del año.

Épocas	Medias (kg MS/ha/día)	Prueba Tukey (5%)
Lluvia	44.23	*a
Seca	10.73	b

* Letras que difieren verticalmente muestran diferencias entre sí ($P < 0.05$).

5.9. Porcentaje de Ceniza (%)

En la Tabla 39, podemos observar los resultados obtenidos del análisis de varianza del Porcentaje de Cenizas de *Moringa oleifera*, los cuales muestran que se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) para los efectos de frecuencias de cortes y épocas del año, y no se encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) para el efecto de bloque, densidad y las interacciones bloque por densidad y densidad por frecuencia.

Tabla 39. Análisis de Varianza para la Variable Porcentaje de Ceniza.

F de V	GI	SC	CM	F	P
Bloque	3	56.32	18.77	1.10	0.351 ns
Densidad	2	6.79	3.40	0.20	0.820 ns
Bloque * Densidad	6	40.83	6.81	0.40	0.880 ns
Frecuencia	2	113.07	56.54	3.31	0.039 *
Densidad * Frecuencia	4	9.01	2.25	0.13	0.971 ns
Épocas	1	237.07	237.07	13.86	0.000 *
Error	209	3574.21	17.10		
Total	227				

ns: no significativo

*: significativo

Al realizar la comparación de medias, por la Prueba de Tukey, para el Porcentaje de Cenizas (Tabla 40) con respecto a las diferentes frecuencias de corte mostró que el mayor contenido de cenizas se obtiene en la frecuencia de corte a los 75 días con 9.15%, que difiere estadísticamente ($P < 0,05$) de la frecuencia de corte a los 45 días que obtuvo el menor porcentaje de cenizas (8.70%), pero la frecuencia a los 75 días no difiere significativamente ($P > 0.05$) del valor presentado en la frecuencia de corte a los 60 días de 9.06%.

Tabla 40. Comparación de Medias en Porcentajes de Ceniza con respecto a las diferentes frecuencias de corte en *M. oleifera*.

Frecuencias (días)	Medias en %	Prueba Tukey (5%)
45	8.70	*a
60	9.06	b
75	9.15	b

* Las letras que difieren verticalmente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Malik et al., (1967) y Makkar y Becker (1997), reportan valores de 9.10% y 8.87% de cenizas, respectivamente, que son similares a los encontrados en este trabajo. Sin embargo, los datos de ceniza 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.

Con relación a las épocas del año en la Tabla 41, se muestran los resultados de la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, la época de seca presentó el mayor Porcentaje de Ceniza con 9.12%, la que difiere estadísticamente ($P < 0,05$) de la época de lluvia que presenta 8.82% de ceniza.

Tabla 41. Comparaciones de Medias en dos épocas diferentes para *M. oleifera* con respecto a la Variable Porcentaje de Ceniza.

Épocas	Medias en %	Prueba tukey (5%)
Lluvia	8.82	*a
Seca	9.12	b

* Letras que difieren verticalmente poseen diferencias significativas ($P < 0.05$).

Estos resultados difieren de los reportados por Membreño y Muñoz (1989) que encontraron valores promedios de 7.55 % de ceniza en *Leucaena leucocephala*, pero coinciden con el comportamiento de los resultados en cuanto a época ya que ellos también encontraron mayores porcentajes de cenizas en la época seca en comparación con la lluviosa.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agrodesierto, 1998. Programas agroforestales (*Moringa oleifera*), dirección electrónica:
(en línea) <http://www.agrodesierto.com>
- Agrodesierto, 1999. Programas agroforestales (*Moringa oleifera*), dirección electrónica:
(en línea) <http://www.agrodesierto.com>
- Becker K. 1995. Studies on Utilization of *Moringa oleifera* Leaves as Animal Feed. Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics (480). University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. 15 p.
- Bianchi MLP; Silva HC y Campos MAD. 1983. Effect of Several Treatments on the Oligosaccharide Content of a Brazilian Soybean Variety. *Journal Agriculture Food Chemistry* 31: 1364-1366
- Castellón CV del C. y González CJR. 1996 Utilización del Marango (*Moringa oleifera*) en la Alimentación de Novillos en Crecimiento Bajo Régimen de Estabulación. Tesis Lic. Zootecnia. Managua, Nicaragua. UCA. 44p.
- Clavero T.; Razz R.; Rodríguez A, 1999. Efecto de la densidad de siembra y la frecuencia de corte sobre la producción de biomasa y energía bruta en *Gliricidia sepium*. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes, *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 1999, 16 Supl. 1: 226-230.
- Crowder L. 1977. Potential of tropical zone cultivated Forage for ruminant production. In winrok report potential of the world forage for ruminant production. p.p. 49-78.

- D'Souza J. y Kulkarni AR. 1990. Comparative Studies on Nutritive Values of Tender Foliage of Seedlings, and Mature Plants of *Moringa oleifera* (Lamk). The Ind. J. Nutr. Dietet. 27: 205-212.
- D'souza J. y Kukkami, AR. 1993. Comparative studies on nutritive values of tender foliage of seedlings and mature plants of *Moringa oleifera* Lam. J. Econ. Tax Bot. 17(2) pp 479-485.
- Duke JA. 1983. Handbook of energy crops (*Moringa oleifera*). Purdue university, center for new crops and plants products.
- ECHO (Environmental Council Humans Organization). 1995. Alley cropping to sustain yields. ECHO Development Notes, Issue 49 pp 1-2.
- FAO (Food Agronomics Organization). 1991. Legumes trees and other fodder trees as protein sources for livestock. A. Speedy and P.L. Pugliese (eds.) FAO Animal Production and Health Paper 102, Rome, 339p.
- FAO (Food Agronomics Organization). 1992. Necesidades de vitamina A, He, 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.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1992. Necesidades de vit A, He, Folato y Vitamina B12, informe de una consulta mixta FAO/OMS de expertos.

- FACT (Publicación de la Red de Información sobre árboles para Bosques, Fincas, y Comunidades). 1996. *Moringa oleifera* como árbol perfecto para huertos caseros, departamento de Recursos Naturales, División forestal y vida silvestre, Hawaii-USA.
- Foidl, N; Mayorga, L; Vásquez, W. 1998. 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
- Foidl, N; Mayorga, L; Vásquez, W. 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
- Funes, F; Febles, G; Pérez, F. 1979. Los pastos y el desarrollo ganadero en Cuba. En los Pastos en Cuba. Tomo 1 - Producción. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. pp. 1-19.
- F/FRED (Forestry/Fuelwood Research and Development Project). 1992. Growing Multipurpose Trees on Small Farms. Bangkok Thailand: Winrock International. 195 + ixpp (including 41 species fact cards).
- Gopala, PRK; Mallikarjuna, K; Gururaja, RG. 1980. Nutritional Evaluation of Some Green Leafy Vegetables. Ind. J. Nutr. Dietet.17: 9-12
- Gopalan, C. 1994. Nutritive values of Indian Foods, Instituto Nacional de Nutrición, India.
- Gupta, K; Barat, GK; Wagle, DS; Chawla, HKL. 1989. Nutrient Contents and Antinutritional factors in Conventional and Non-Conventional Leafy Vegetables. Food Chemistry 31: 105-116

- Heaney, HG; Fenwick, LS. (1980) citado por Makkar HPS; Becker, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of agricultural Science, Cambridge* 128,: 311 – 332.
- Humphreys, LR. 1967. Buffel grass (*Cenchrus ciliaris, L.*) In *Australian Tropical Grasslands* 1: 123-134.
- Hutton, MJ (1992). Ganadería Mestiza a base de pastos en condiciones húmedas y subhúmedas de la Cuenca del Lago de Maracaibo. En: González, S.C ed. *Ganadería Mestiza de Doble Propósito*. 1ra. edición. González S.C. Maracaibo, p.365-380.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2002. Estación Meteorológica del Aeropuerto internacional de Managua.
- Ketelaars et. al., (1991) Citado por el Proyecto Biomasa 1999. Guía Técnica del Cultivo de Marango (*Moringa oleifera*). Universidad Nacional de Ingeniería. Managua-Nicaragua. Cooperación Técnica de la Republica de Austria.
- Kailasapathy, K; Koneshan, T. 1986. Effect of Wilting on the Ascorbate Content of Selected Fresh Green Leafy Vegetables Consumed in Sri Lanka. pp 259-261.
- LABSA (Laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria). 2001. Análisis químico y físico de las condiciones del suelo de la finca Sabana Grande, Managua-Nicaragua.
- Liener. (1994) citado por Makkar H.P.S. and Becker K. 1996 Nutritional Value and Antinutritional Components of Whole and Ethanol Extracted *Moringa oleifera* leave. *Animal Feed Science Technology* 63: 211-228

- Louppe, D; Yossi, H. 1999. Les haies vives défensives en zones sèches et subhumides d'Afrique de l'Ouest. Atelier Jachères, Dakar.
- Makkar, HPS y Becker, K. 1996. Nutritional Value and Antinutritional Components of Whole and Ethanol Extracted *Moringa oleifera* leave. *Animal Feed Science Technology* 63: 211-228
- Makkar, HPS; Becker, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of agricultural Science, Cambridge* 128,: 311 – 332.
- Malik, MY; Abhtar, AS; Shah, WH. 1967. Chemical composition of indigenous fodder leaves (M. Pterygosperma). *Pakistan J. Sci.*, 19(4), 171-174.
- Mármol, FJ. 1994. Evaluación de accesiones de *Leucaena* en el bosque tropical. *Rev. Fac. Agron. (Luz)* 11 (1):4352.
- Menbreño, GC. de J. 1989. Estudio preliminar de dos variedades de *Leucaena leucocephala* (lam) de wit a diferentes densidades. Tesis (Ing. Agr.) Instituto superior de ciencias agropecuarias, Escuela de producción animal, Managua (Nicaragua). 42p.
- Mishra, US; Katiyar, DS; Kumar, A. 1991. Character association and path analysis in buffel grass. *Annals of arid zone* 30(3):243-245.

- Oliveira, JTA. 1999. Compositional and nutritional attributes of seeds from the multiple purpose tree *Moringa olifera* Lamarck, Journal of the science of food and agriculture.
- Pathak, PS; Raid, R; Debray, R. 1980. Forage production from koolbabool *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. Effect of plant density, cutting intensity and interval. Forage Rev. 6:8390.
- Pezo, D. 1982. El pasto base de la producción bovina en aspectos nutricionales en los sistemas de producción bovina en el trópico, Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie materiales de enseñanza No 15 pp 87-109
- Proyecto Biomasa. 1999. Guía Técnica del Cultivo de Marango (*Moringa oleifera*). Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. Cooperación Técnica de la Republica de Austria.
- Ramachandran et. al. 1980, citado por Palada, MC. 1995. Marango (*Moringa oleifera* Lam.): A Versatile Tree Crop with Horticultural Potential in the Subtropical United States, pp: 794-797.
- Razz, R; González, R; Faria, J; Esparza, D; Faria, N. 1992. Efecto de la frecuencia e intensidad de defoliación sobre el rendimiento de materia seca de la *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. Trabajo subvencionado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Zulia (Condes), *Revista de Agronomía (LUZ)* 9:(1) 17-23.
- Reddy, NR; Sathe SK; Salunkhe, DK. 1982. Phytates in legumes and Cereals. Adv. Food Res. 28: 1-92

- Rocha, MLR. 1998. Efecto de la Suplementación con Follaje de *Moringa oleifera* Sobre la Producción de Leche de Vacas en Pastoreo. Tesis Ing. Agron. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria Nicaragua. 36p.
- Rodríguez. 1982, Citado por Benavides, JE. 1991. Árboles y arbustos forrajeros como una alternativa agroforestal para la ganadería. conferencia electrónica de la FAO sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica,. Turrialba, Costa Rica.
- Samia, AA; Hassan AM; Heinz, BU. 1985. The tree that purifies water, Cultivating multipurpose Moringaceae in the Sudan pp: 26-28
- Sherkar, JK; Von Carlowitz, PG; Gregor VW; Reinier EM. 1993. Drumstick the baif lournal 13(2) p (22).
- Steel, R; Torrie, J. 1989. Bioestadística: Principios y procedimientos. Mexico, DF, McGraw-Hill, 613p.
- Teague, W. 1989. Effect of intensity and frequency of defoliation on aerial growth and carbohydrate reserve levels in *Acacia karoo* plants. J. Grassl. Soc. South. Agro. 6: 132-138.
- Vargas et al. (1987) Citado por Becker K. 1995. Studies on Utilization of *Moringa oleifera* Leaves as Animal Feed. Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics (480). University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. 15 p.
- Vargas y Elvira (1987) citado por Becker K. 1995. Studies on Utilization of *Moringa oleifera* Leaves as Animal Feed. Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics (480). University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. 15 p.

- Velázquez et al, (1992) citado por Becker K. 1995. Studies on Utilization of Moringa oleifera Leaves as Animal Feed. Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics (480). University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. 15 p.
- Von Maydell, HJ. 1986. Trees and Shrubs of the Sahel, Their Characteristics and Uses. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Federal Republic of Germany. Pp 334-337.
- Voisin, A. 1967. Productividad de la Hierba. In: Dinámica de los pastos. Trad. 1ra. Ed. en Francés por Carlos de Cuenca Edit. Tecnos, S.A.
- Wilson, JR. 1984. Environmental and nutritional factor affecting herbage quality. In. J.B Hacker, Ed. Nutritional limits to animal production from pastures. Farnham Royas. Ok CA B pp 133-150.