

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DEL CULTIVO
DE MORINGA OLEÍFERA, EN EL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA
TESIS DE GRADO

URI JONATÁN LÓPEZ HERNÁNDEZ
CARNET 21549-06

COATEPEQUE, OCTUBRE DE 2014
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DEL CULTIVO
DE MORINGA OLEÍFERA, EN EL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
URI JONATÁN LÓPEZ HERNÁNDEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, OCTUBRE DE 2014
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. RAUL ESTUARDO HIDALGO PAZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA
MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA
ING. LUIS FELIPE CALDERÓN BRAN

Coatepeque, Quetzaltenango, Guatemala, 22 de Junio de 2014.

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante Uri Jonatán López Hernández, que se identifica con carné 21549 06, titulado **“EVALUACION DE TRES DENSIDADES DEL CULTIVO DE MORINGA (*Moringa oleífera* LAM) EN TRES LOCALIDADES DEL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA”**. El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente



Ing. Agr. Raúl E. Hidalgo Paz

Colegiado No. 1289



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06216-2014

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante URI JONATÁN LÓPEZ HERNÁNDEZ, Carnet 21549-06 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 0679-2014 de fecha 26 de septiembre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DEL CULTIVO
DE MORINGA OLEÍFERA, EN EL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 10 días del mes de octubre del año 2014.


ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

Sinceros Agradecimientos:

A

Dios: Por regalarme la vida y la oportunidad de ser un profesional.

Mi Asesor: Ing. Agr. Raul Estuardo Hidalgo Paz, por su valiosa comprensión asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Agr. Abel Estuardo

Solis Arreola: Mención especial, por su ayuda voluntaria para hacer realidad este trabajo.

Autoridades de las 3

Localidades: Por su valiosa colaboración en permitirme realizar mi trabajo de investigación en su localidad (propiedad).

Coordinadora de Sede

Regional: Por ser una persona eficiente y muy comprensibles con los estudiantes de la entidad.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por regalarme buena salud, sabiduría, una familia.

Los Recursos Naturales: por ser las bases prioritarios de nuestro existir y de esta profesión.

Mis Padres y hermanos: Abraham López Zacarías y Juana Hernández Santos por ser la base de lo que soy en esta vida

Mi Esposa: Evelyn Carmina Félix Bamaca por su amor, comprensión y estímulo.

Mis Hija: por regálame sonrisas, cariño, paz, esperanza y la Motivación principal para culminar esta etapa de mi Formación.

Mis Compañeros: De promoción para que sean buenos profesionales y contribuir con nuestro país, nuestra sociedad, a ser mas proactivos.

URL Por ser una entidad con visión y misión de formar buenos profesionales y contribuir con el desarrollo de nuestro país.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Nombre científico	3
2.2 Nombres comunes.....	3
2.3. Información botánica.....	3
2.4. Aspectos agronómicos.....	5
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
3.1 Definición del problema y justificación de la investigación	17
IV. OBJETIVOS.....	19
4.1 General	19
4.2 Específicos.....	19
V. HIPOTESIS	20
VI. METODOLOGÍA.....	21
6.1 Localización de la investigación.....	21
6.2 Material experimental.....	23
6.3 Factores a estudiar	24
6.4 Descripción de los tratamientos	25
6.5 Diseño experimental	26
6.7 Unidad experimental	27
6.9 Manejo del experimento.....	28
6.10 Variables de respuesta	31
6.11 Análisis de la información	32
7.1 Porcentajes de germinación y días de emergencia de <i>Moringa oleífera</i> , Lam.....	33
7.2 Altura de plantas	34
7.3 Diámetro de plantas.....	35
7.4 Tasa de crecimiento.....	37
7.5 Longitud raíz (cm)	38
7.7 Rendimiento materia seca (kg/ha)	41
VIII. CONCLUSIONES.....	43
IX. RECOMENDACIONES.....	44

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....45

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional de Moringa.....	5
Cuadro 2. Localidades y distanciamientos de siembra utilizados en la investigación.....	21
Cuadro 3. Número de plantas en parcelas neta y bruta.....	21
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos evaluados durante la investigación...26	
Figura 1. Parcela neta y parcela bruta de launidad experimental.....27	
Figura 2. Croquis de la investigación en campo.....	27
Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable porcentaje de germinación en el cultivo de <i>Moringa oleífera</i>	33
Cuadro 6. Comparación de medias de la variable porcentaje de germinación	33
Cuadro 7. Días de emergencia de <i>Moringa oleífera</i> , bajo tres localidades.....	34
Cuadro 8. Análisis de varianza para la evaluación de la variable altura de planta de <i>Moringa oleífera</i> en tres diferentes localidades y tres distanciamientos de siembra.....	34
Cuadro 9. Interacción de factores localidad de siembra y distanciamiento en <i>Moringa oleífera</i> de la variable altura de la planta en metros.....	35
Cuadro 10. Análisis de varianza para la evaluación de la variable diámetro de tallo de plantas de <i>Moringa oleífera</i> en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.....	36
Cuadro 11. Interacción de los factores distanciamiento de siembra y altitud de la variable diámetro en plantas de moringa.....	37
Cuadro 12. Análisis de varianza para la evaluación de la variable tasa de crecimiento de plantas de <i>Moringa oleífera</i> en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.....	38
Cuadro 14. Análisis de varianza para la evaluación de la variable longitud de la raíz de plantas de <i>Moringa oleífera</i> en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.....	39
Cuadro 18. Análisis de varianza de la variable rendimiento en seco (kg/ha) del cultivo de <i>Moringa oleífera</i>	42
Cuadro 19. Interacción de distanciamiento de siembra y altitud de siembra de la variable rendimiento de materia seca en <i>Moringa oleífera</i>	42
Cuadro 20. Porcentaje de germinación de <i>Moringa oleífera</i> en tres diferentes localidades y tres distanciamientos de siembra.....	47

Cuadro 21. Datos de altura de plantas de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y tres distanciamientos de siembra.....47

Cuadro 22. Evaluación de la variable diámetro de tallo de plantas de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.....48

EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DEL CULTIVO DE MORINGA OLEÍFERA, EN EL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el suroccidente de Guatemala, con la finalidad de determinar algunas características adaptables y distanciamiento de siembra, del cultivo de *M. oleífera*. Esta planta tiene potencial como alimento para la solución de los problemas alimentarios que afronta el país. La alternativa propuesta es accesible económicamente a la población, de rápido crecimiento y excelente fuente de nutrientes sin una transformación de materia excesiva, por lo que el rendimiento del potencial del cultivo es excelente.

La planta es un arbusto grande y frondoso, en esta ocasión alcanzó una altura de 8 metros. El distanciamiento de siembra recomendable para producir materia fresca es de 0.20 *0.20 m o menor, y para producir semillas se recomienda un distanciamiento de siembra de 0.80*0.80 m. Este distanciamiento presentó un mejor desarrollo del árbol, ramas y raíces. En clima templado (500-600 msnm) también poseen un buen desarrollo de las plantas pero con la diferencia que el costo de producción es más elevado por la aplicación de algunos complementos nutricionales. El desarrollo de este cultivo en condiciones de altitudes mayores de los 700 msnm, es de una buena germinación, el problema es el crecimiento lento de las plantas, susceptibles a ser dañadas por las fuertes precipitaciones, fuertes vientos y mayor desarrollo de enfermedades fungosas.

No es recomendable realizar siembras de moringa a altitudes mayores de los 700 msnm.

EVALUATION OF THREE DENSITIES OF MORINGA OLEÍFERA IN THE SOUTHWESTERN AREA OF GUATEMALA

SUMMARY

This study was carried out in the southwestern area of Guatemala in order to determine some of the adaptable characteristics and planting densities of *M. oleífera*. This plant can be a potential solution to the current food difficulties that the country faces. The proposed alternative is economically accessible for the population, it grows fast, and it has an excellent nutrition source without an excessive transformation of matter; therefore, the crop's potential yield is excellent. This is a big and leafy bush that reached an 8-meter height. The advisable planting distance to produce fresh matter is of 0.20 *0.20m or less, and a planting distance of 0.80*0.80m to produce seeds. This distance showed a better tree, branch and root development. In a mild climate (500-600 masl), it also has good development, but the production cost is higher due to the application of nutritional supplements. The crop development under altitude conditions of more than 700 masl shows good germination, but the plants' growth is slow and they are susceptible to damage by high rainfalls, strong winds and higher fungous disease development. It is not recommended to plant moringa at altitudes higher than 700 masl.

I. INTRODUCCION

Guatemala es un país en donde la desnutrición es un gran problema de salud pública. Es por ello que se hace necesario buscar recursos alimentarios que se encuentren accesibles económicamente, que se puedan producir localmente y que se adapten a los hábitos alimentarios de la población.

En la presente investigación se evaluaron algunas características adaptativas de *M. oleífera*, la potencialidad de esta planta como un alimento que contribuya a la solución de los problemas alimentarios que afronta el país.

Es un arbusto grande y frondoso que rara vez sobrepasa los 10 m de altura, la corteza es blanquecina y el tronco generalmente espeso e irregular tamaño y forma, la corona es pequeña y densa. La Moringa (*Moringa oleífera*LAM) llamada comúnmente como Arango, Badumbo, Brotón, Caragua, Caraño, Carao, Jazmín, Marengo, Palo Blanco, Paraíso, tamarindo Cimmarron, etc, es una planta originaria de África oriental y quizá de las Indias Orientales (CONCYT, 2008).

De acuerdo a varios autores, la Moringa se ha utilizado para diversos fines, dentro de los principales se puede mencionar que es utilizado como potabilizador de aguas turbias ya que el efecto aniónico y catiónico hace que capture los iones en el agua incluyendo la materia orgánica, sedimentándolos en el fondo. Además el aceite es utilizado para la producción de Biocombustibles o para el uso en la cocina, también es utilizado por sus propiedades farmacológicas y en la agricultura es utilizado como bactericida y fungicida.

Guatemala a pesar de ser un país eminentemente agrícola y forestal, las carencias de cultivos, principalmente del área rural debido a la pobreza ha creado cuadros clínicos de desnutrición en ciertas regiones del país.

La dependencia total de ciertos cultivos como subsistencia por ser parte de la canasta básica aunado al desempleo hacen que algunas comunidades vean restringidas sus posibilidades de obtener cultivos que suplan las necesidades nutritivas que requiere el ser humano.

La Moringa pertenece a la familia de las moringaceae, aparte de los beneficios mencionados anteriormente, en algunos países se ha empezado a cultivar como una

alternativa de obtención de proteína de origen vegetal, debido a que las hojas, semillas, flores, vainas, raíces y tallos pequeños son comestibles.

En varias zonas del país se ha iniciado la difusión de esta planta desde hace años, sin embargo actualmente ha vuelto a tomar auge dada las precarias condiciones en las que viven muchas familias. Es por tal motivo que en la investigación se evaluó la adaptabilidad de la especie (*Moringa oleífera*) en tres localidades del suroccidente de Guatemala y de esta forma generar información valiosa que contribuya a difundir esta especie.

II. MARCO TEÓRICO

La crisis económica que ha atravesado Guatemala en los últimos años ha aumentado los niveles de pobreza. Esto, sumada a la sequía de años pasados, ha provocado hambruna en algunas regiones del país lo cual ha causado la muerte de personas por la mala nutrición (CONCYT, 2008).

2.1 Nombre científico

Moringa oleifera Lam, pertenece a la familia de las moringaceae se le conoce con una infinidad de nombres comunes, siendo estos; tamarindo, paraíso, etc (Foidet al, 1998).

2.2 Nombres comunes

Paraíso blanco, acacia, árbol de las perlas, chinto borrego, flor de jacinto, jacinto, paraíso de España, paraíso extranjero, paraíso francés, perlas, perlas de oriente, San Jacinto, libertad, árbol de mostaza, teberindo, teberinto, terebinto, árbol rábano picante, *maringacalalu*, *marango*, *marengo*, ejote francés, moringa, sen, mlonge y mzunze, ben nuttree, badumbo, caragüe, marengo, palo jeringa, carague o carango (Flores y Duarte, 2004).

En Guatemala se le conoce como: Arango, badumbo, brotón, caragua, caraño, carao, jazmín, marengo, palo blanco, paraíso, paraíso blanco, tamarindo cimarrón, teberindo, sasafras, tamarindo extranjero, teberinto (CONCYT, 2008).

2.3. Información botánica

La Moringa es nativa de África oriental y quizás de las Indias orientales.

La Moringa es un árbol originario del sur del Himalaya, Noreste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta. En América Central fue introducido en los años 1920 como planta ornamental y para cercas vivas, se encuentra en áreas desde el nivel del mar hasta los 1800 metros. Se puede reproducir por estacas o semillas (Foidl et al, 1998).

En América tropical se cultiva, en forma general, como ornamental. Es una planta introducida al país posiblemente en el siglo pasado. Se cree que fue llevada de la India a África por los ingleses, introducida al Caribe por los franceses y de allí, a Centro América. Crece en las partes más cálidas de Guatemala (CONCYT, 2008).

Ha sido difundido, cultivado en muchas localidades de los departamentos de Petén, Zacapa, Chiquimula, El Progreso, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Guatemala, Retalhuleu, San Marcos y posiblemente en la mayoría de los otros departamentos con clima similar. Es un arbusto grande y frondoso, que rara vez sobrepasa 10 metros de altura. La corteza es blanquecina, el tronco generalmente espeso e irregular en tamaño y forma y la corona pequeña y densa. Las hojas son compuestas, de unos 20 cm de largo, con hojuelas delgadas, oblongas u ovaladas de 1 a 2 cm de largo y de color verde claro (Flores y Duarte, 2004).

Las flores son de color crema, muy numerosas y fragantes que miden de 1 a 1.5 cm de largo. Éstas se encuentran agrupadas y están compuestas por sépalos lineales a lineal-oblongo, de 9 a 13 mm de largo. Los pétalos son un poco más grandes que los sépalos. El fruto está formado por 3 lígulas en forma triangular y lineal, que dan la apariencia de vaina. Miden de 20 a 45 cm de largo y 1 a 2 cm de espesor o grosor. Si se corta transversalmente se observa una sección triangular con varias semillas dispuestas a lo largo. Las semillas son carnosas, cubiertas por una cáscara fina de color café. Poseen estructuras en forma de alas, o semialadas de 2.5 a 3 mm de largo. Al quitar la cáscara se obtiene el endospermo que es blanquecino y muy oleaginoso. La raíz principal mide aproximadamente 3 metros y es carnosa en forma de rábano. Es globosa lo que le brinda a la planta cierta resistencia a la sequía en períodos prolongados. Cuando se le hacen cortes, produce una goma de color rojizo parduzco. (CONCYT, 2008). Ver. Fig. 1

2.4. Aspectos agronómicos

Sólo un cultivar aparece reportado para Guatemala, el cual es *Moringa oleifera* Lam. Que se encuentra en el departamento de Chiquimula, con la excepción que no la utilizan como una fuente secundaria de alimentación (CONCYT, 2008).

El árbol alcanza de 7 a 12 m de altura y de 20 a 40 cm de diámetro, con una copa abierta, tipo paraguas, fuste generalmente recto. Las hojas son compuestas y están dispuestas en grupos de folíolos con 5 pares de estos acomodados sobre el pecíolo principal y un folíolo en la parte terminal. En los folíolos tenemos láminas foliares ovaladas de 200 mm de área foliar organizadas frontalmente entre ellas en grupos de 5 a 6. Las hojas compuestas son alternas tripinnadas con una longitud total de 30 a 70 cm (Foidlet *al*, 1998).

2.4.1 Aspectos nutricionales

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 y lectina. En materia seca contiene un 10% de azúcares y la energía metabolizable en las hojas es de 9.5 MJ/kg MS (Foidlet *al*, 1998).

Cuadro 1. Composición nutricional de Moringa.

	Materia seca	Proteína	Digestibilidad	FDA	FDN	PC-FDA	PC-FDN
Hojas	21	23	79	27	30	4	7
Tallos	15	9	57	55	64	2	3

Fuente: Foidlet *al* (1998).

FDA: Fibra ácido detergente.

FDN: Fibra neutro detergente.

PC: Proteína cruda.

2.4.1. Suelos

La Moringa tolera un amplio rango de condiciones climáticas y de suelo. Crece en lugares con precipitación que varía desde 250 hasta 3,000 mm de lluvia. La planta puede desarrollarse muy bien en condiciones de mucha precipitación que oscila entre 3,500 a 4,000 mm anuales, en alturas de hasta 1,110 msnm como por ejemplo en la Finca Transito Bolivar que se encuentra a los 1071 msnm.

La planta se adapta a suelos duros o pesados, suelos con poca capacidad de retención de humedad y hasta en aquellos que presentan poca actividad biológica. En términos generales, el terreno donde se planta debe poseer un buen drenaje ya que esta planta no soporta el encharcamiento. Cuando la planta encuentra condiciones óptimas de humedad y nutrientes puede crecer hasta más de tres metros en nueve meses (este es el caso de las condiciones que se observaron en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla) (CONCYT, 2008).

Crece en altitudes de hasta aproximadamente 1,400 m a lo largo de los ríos más grandes de su área de distribución natural en aluviones arenosos. Estos suelos tienen por lo general un buen drenaje y tienen a menudo poca materia orgánica. Mientras que el suelo superficial puede ser muy seco durante varios meses al año, el nivel de agua subterránea se encuentra por lo general dentro de la zona de profundidad máxima de sus raíces (Flores y Duarte, 2004).

En los sitios en donde ha sido introducido, el resedá prospera en lugares al nivel del mar, hasta altitudes de 1,200 m en la mayoría de suelos con textura de ligera a mediana, pero el mejor crecimiento ocurre en francos arenosos (Parrota, 2009).

La Moringa requiere de suelos francos-francos arcillosos, no tolera suelos arcillosos o vertisoles, ni suelos con mal drenaje. En la tabla 3 se muestran los cálculos de extracción de nutrientes de plantaciones de Moringa con alta densidad. La alta productividad implica una alta extracción de nutrientes del suelo por lo que su cultivo intensivo debe ser contemplado la fertilización. Se realizó un ensayo de cultivo a una altura de 1200 msnm, las semillas germinan pero su crecimiento es muy lento (Foidlet *al*, 1998).

2.4.2. Cultivo y propagación

Es una planta de rápido crecimiento y fácil de propagar, tanto por semilla como por material vegetativo.

Las semillas se seleccionan tomando en cuenta tres variables importantes, según la experiencia de los agricultores en el campo. Estas fueron tomadas en cuenta durante la experimentación y son las siguientes:

- Vainas de mayor tamaño,
- Semilla proveniente de la parte central de la vaina que son generalmente las semillas grandes.
- el brillo de la semilla.

Durante el mes de agosto se puede empezar a identificar los mejores árboles productores de semilla, según el desarrollo y abundancia de flores. La época de producción de la semilla es a partir de octubre cuando empieza a madurar, prologándose hasta el mes de abril del siguiente año. La siembra directa en campo definitivo, se recomienda siempre y cuando existan condiciones para el control de insectos y la disponibilidad de la semilla sea abundante (50% más de la que se necesite), esto para compensar las pérdidas que puedan existir (CONCYT, 2008).

La siembra se puede realizar por semillas o estacas. Las semillas germinan a los 10 días después de la siembra. Las plagas que afectan las plantas inmediatamente después de la germinación son hormigas, zompopos, el gusano medidor y Mocislatipes, normalmente realizan un ataque y no regresan más al cultivo, aunque hay que controlarlo de todas formas para disminuir los daños (Foidlet *al*, 1998).

De acuerdo a CONCYT (2008) en caso contrario, es mejor optar por la preparación de viveros. Al tener los cuidados necesarios de las plantas, éstas pueden alcanzar alturas superiores a los cuatro metros en siete meses.

2.4.3. Condiciones para la siembra

Para el vivero se recomienda un substrato elaborado con 60% de arena y 40% de tierra negra, de tal manera que la textura del suelo sea franco arenoso. Esto puede lograrse, por ejemplo, con una mezcla elaborada con una parte de tierra, una de arena y una de materia orgánica, previamente cernida. Se utilizan bolsas de polietileno de 8 X 12 pulgadas, las cuales deben llenarse evitando espacios de aire o exceso de compactación de la tierra. La siembra de semillas se realiza directamente a la bolsa. De esta forma se evita hacer semilleros y se evita estrés en el trasplante del semillero a la bolsa, a la cual la planta es susceptible. Además, por el porcentaje de germinación reportado (mayor de 80%), se recomienda realizarlo directamente a la bolsa. En caso de que los viveros sean mantenidos a cielo abierto se recomienda, luego de haber depositado la semilla en la bolsa, colocar una cubierta de paja para mantener la humedad y evitar desenterrar las semillas durante el riego. La protección en vivero sólo se realiza después de la emergencia de la semilla y luego se descubre totalmente hasta el momento del trasplante (CONCYT, 2008).

Se construyen las camas colocando un bloque de tres hileras cada uno y un espacio de 0.50 metros entre bloque. Para la desinfección de las bolsas llenas de tierra, se riega agua a 100 °C con regadera de mano. Después de 2 días se siembra la semilla directamente en la bolsa utilizando dos semillas por postura o bolsa a una profundidad aproximada del doble del diámetro de la semilla (Falasca, 2008).

Esto puede ser de 1 a 2 cm. de profundidad. Es funcional también realizar por lo menos tres riegos profundos antes de colocar las semillas, para evitar espacios de aire y para que germine las semillas de malezas en la bolsa y hacer luego el control manual (Falasca, 2008).

A fin de mantener húmedo el sustrato, se riega en los primeros quince días con una regadera, un día sí, otro no, iniciando al momento de la siembra y tomando en cuenta los días de precipitación pluvial, para no duplicar el riego (Falasca, 2008).

2.4.4. Manejo del vivero

El manejo del vivero consiste en regar las plantas al menos dos veces por semana, realizar el control manual de malezas dentro de la bolsa de polietileno y el control mecánico de las malezas entre los surcos, además, el reacomodo de las bolsas que se desalinean en los surcos establecidos. Es importante retirar la cubierta o paja seca una semana después de haber emergido las plántulas, lo cual se evita el alargamiento de las plantas (acción de fototropismo), y se favorece el crecimiento vigoroso. Es importante para el control y manejo de las acciones correctivas sean realizadas en el momento oportuno, por ejemplo la resiembra, control de insectos, aplicación de soluciones nutritivas, etc (CONCYT, 2008).

2.4.5. Factores que afectan el crecimiento de la planta en el vivero

La planta es susceptible a los vientos, el exceso de humedad o lluvia provoca que las hojas bajas se tornen amarillentas previo a botarlas. La tierra negra promueve el buen crecimiento de la planta bajo las condiciones de vivero, la textura recomendada es la de un suelo franco-arenoso (Falasca, 2008).

Las plantitas pueden ser atacadas por el zompopo, especialmente las hojas y brotes tiernos.

El control de este insecto se hace con la remoción de las troneras, aplicación de cal y control con fuego, así como con la aplicación de diversos productos químicos que están disponibles en el comercio. También es posible encontrar daño por Pieris (orugas cortadoras) en las hojas cuyo control se hace manualmente (CONCYT, 2008).

Las bajas temperaturas, las constantes lluvias, y la velocidad del aire, afectan considerablemente el desarrollo de la planta y provocan el amarillamiento de las hojas bajas de la planta y en algunos casos, defoliación. La deficiencia de agua y el clima frío son tan perjudiciales como el anegamiento (Falasca, 2008).

Crece con rapidez en lugares favorables, incrementando de 1 a 2 m por año en altura durante los primeros 3 a 4 años. Mientras que los árboles rara vez alcanzan de 10 a 12 m, en ocasiones alcanzan de 15 a 16 m de alto con diámetros a la altura del pecho (DAP) de hasta 75 cm. La producción de fruta comienza a una edad temprana. En el caso de árboles obtenidos por estacas, las frutas aparecen de 6 a 8 meses después de plantados. Durante los dos primeros años, el rendimiento de fruta es bajo, pero a partir del tercer año, un solo árbol puede producir de 600 a 1,600 o más frutas por año (Parrota, 2009).

Las semillas en los árboles son atacadas por hormigas y por pequeños gorgojos que comen las semillas y se anidan dentro de las vainas. Si la presencia de larvas es generalizada en todo el vivero, se recomienda realizar un control con insecticidas biológicos o de contacto, existentes en el mercado. El buen crecimiento de las plantas se refleja en el crecimiento uniforme, verde y las plantas lucen sanas y vigorosas (CONCYT, 2008).

2.4.6 Trasplante a campo definitivo.

El trasplante debe realizarse en horas frescas. Es recomendable por la tarde, así se evitará el estrés. Durante el trasplante debe tomarse en cuenta que el invierno ya esté totalmente establecido con lluvias frecuentes. Debe considerarse la época de canícula, la cual se presenta a finales de julio y durante el mes de agosto, como también la frecuencia de lluvia inestable, esto evitará pérdidas por insolación o estrés hídrico (Falasca, 2008).

Conviene regar las plantas un día antes del trasplante. En los suelos arcillosos y rocosos, la planta puede adaptarse y desarrollarse a tal grado que a los nueve

meses ya produce flores y las primeras vainas. En condiciones de suelos muy adversos puede agregar al suelo materia orgánica, o estiércoles ya compostados. El agujero para plantar en el campo definitivo debe tener de 40 a 50 cm de profundidad. Al plantar debe tenerse cuidado de no dañar las raíces al romper la bolsa. Para ello debe cortarse diametralmente la base de la bolsa con una navaja afilada, luego prolongar la abertura a lo largo de un costado de la bolsa. La bolsa debe retirarse cuando la planta ya se encuentre ubicada en el agujero realizado en campo definitivo (CONCYT, 2008).

Cuando la planta entra en estrés hídrico es normal que vote las hojas luego de un proceso de amarillamiento foliar. Si esto ocurre, debe aumentar la frecuencia de riegos y se observará en doce a diez y seis días, la aparición de nuevos brotes (CONCYT, 2008).

a. Distancia de siembra.

El distanciamiento de los árboles depende de los propósitos de la plantación, para el objetivo de producción de semilla se debe sembrar a una distancia de 3 a 5 metros, pues ésta permitirá el desarrollo normal del follaje, sin interferencia entre los extremos de las ramas (Falasca, 2008).

Para la producción de follaje de manera intensiva puede sembrarse de 10 a 20 centímetros entre planta de manera lineal. Esto permite el manejo de brotes y follaje. Si se ha destinado el uso para cerco vivo debe sembrarse de 1.5 a 2.0 metros entre planta o estaca, esto permite que el cerco tenga firmeza, especialmente si se encuentran dentro del patio animales bovinos. Si el objetivo es tener sombra dentro del patio de la casa, se recomienda dejarlo a una distancia de 5 metros o más. Se ha observado que en algunas viviendas del área rural en Guatemala se tienen de dos a tres árboles por patio y ha servido para sombra, ornato y “bramadero”, es decir, como lugar para amarrar a un cerdo o ternero (CONCYT, 2008).

b. Riego

Durante el trasplante es necesario mantener los riegos dos a tres veces por semana, dependiendo de las condiciones de lluvia en el lugar. La planta no demanda demasiado riego (1.5 litros/riego). Cuando se presenta amarillamiento de hojas viejas o bajas en la planta son señales de estrés hídrico (CONCYT, 2008).

c. Fertilización

El árbol crece sin necesidad de fertilizantes. Sin embargo, se recomienda la aplicación de fuentes nitrogenadas para favorecer la formación de la proteína, que es el potencial de esta planta. En India han demostrado que una aplicación de 7.5 Kg. de estiércol más 0.37 Kg. de sulfato de amonio por árbol permite triplicar el rendimiento de vainas (CONCYT, 2008).

2.4.7. Propagación por estacas para cerco vivo

Se utilizan rebrotes que tengan de 1.5 a 2 pulgadas de diámetro y altura de 1.6 a 2 metros, que coincide con la altura del cerco ya establecido. La profundidad de siembra es de 15 a 20 centímetros, lo cual es una profundidad muy superficial. Sin embargo, para sostener los tallos, semillas, se entrelazan entre los hilos de alambre espigado o ramas de otros árboles mientras se produce el enraizamiento del tallo. La separación entre cada tallo-semilla, es aproximadamente de 1.25 a 1.40 metros, lo cual garantiza buen desarrollo del área foliar y protección en los cercos. La época de poda y siembra se realiza a comienzos de la época lluviosa (Falasca, 2008).

Si el objetivo es producir el árbol en estacas, pero en bolsa, la estaca debe tener de 2.5 de diámetro y 30 cm de longitud. El corte en las estacas debe ser justamente a la altura de una yema y la época recomendada es a principios de la época lluviosa. El riego debe ser tres veces a la semana y luego de dos meses puede reducirse a dos veces.

2.4.7.1 Podas

Los árboles mayores de tres años, pueden podarse a una altura de un metro o a la altura del cerco que está protegiendo, aproximadamente 1.5 metros. El árbol se recupera a los dos o tres meses en época de lluvia y vuelve a producir flores y vainas en un año, aunque no tan abundantes.

Se calcula que un árbol joven produce de 400 a 600 vainas y un árbol maduro puede producir hasta 1600 vainas. Si el objetivo es obtener rebrotes o renovar el árbol puede realizarse una poda severa a una altura de 30 a 50 cm. El árbol tiende a crecer recto, de manera “determinada”. Siendo así, se recomienda la poda para estimular la ramificación a partir de una altura de 1.5 metros sobre el suelo. Esto permite que el árbol pueda producir muchas hojas y vainas fáciles de cortar o manejar (CONCYT, 2008).

Se trata de arboles muy interesantes y de forma atractiva, admite muy bien las podas, pueden ser utilizadas como arboles de sombra, como setos, pantalla visual y auditiva, incluso como cortavientos (López, 2009).

Las ramas que brotan pueden podarse o despuntarse para lograr formas arbustivas. Esta poda de formación es importante cuando además de la producción se necesita sombra en el hogar como suele ocurrir en el oriente y sur de Guatemala. Se han observado en las orillas de caminos, árboles viejos que han sido cortados a 20 centímetros del suelo, los cuales han producido 18 a 22 brotes. Esta práctica se recomienda cuando se desea obtener una cantidad de estacas para la reproducción asexual y para la regeneración de plantaciones. Como todo árbol, debe evitarse la cosecha de las primeras vainas para lograr aumento del tamaño y vigorosidad en los subsiguientes años y garantizar buena producción de vainas (Falasca, 2008).

Para la regeneración de plantaciones se recomienda dejar de 3 a 4 brotes vigorosos y lo más distantes entre sí, con origen en la parte media y basal del tronco o tocón. Esto debido a que los brotes cerca de la parte distal del tronco, son

vulnerables al acame o desgaje cuando se encuentran en época de producción de semillas (CONCYT, 2008).

2.4.8. Floración y fructificación

Existen grandes variaciones en la fenología del florecimiento de acuerdo a la variedad y el sitio en donde crece. La Moringa puede florecer sólo una vez al año entre los meses de abril y junio en regiones con temporadas frías, como el norte de la India; puede también florear dos veces al año al sur de la India, o durante todo el año en lugares con temperaturas y precipitación anuales más constantes, como en Puerto Rico y en otros lugares del Caribe (Parrotta, 2009).

La moringa normalmente florea y fructifica una vez al año, pero en algunas regiones lo hace dos veces. El periodo de floración inicia en Agosto y se prolonga a Enero. La mejor época de floración se observa en los meses de Septiembre a Noviembre. Durante el primer año un árbol crece hasta cuatro metros logrando florear y fructificar. Si no se poda, puede crecer hasta diez metros, con un tronco fuerte de hasta 20 a 30 cm. de diámetro. Las nuevas plantas comenzarán a florecer y dar frutos un año después de sembradas, variando la producción entre 1,000 y 5,500 semillas por planta por año (CONCYT, 2008).

Las flores aparecen por primera vez a una edad temprana, frecuentemente durante los primeros seis meses después de haber sido plantados y usualmente durante el primer año. Las flores blanco-amarillentas, fragantes y bisexuales aparecen en cabillos delgados y vellosos en grupos de flores laterales esparcidos o pendientes de 10 a 25 cm de largo (Parrota, 2009).

Son flores bisexuales con pétalos blancos, estambres amarillos, perfumadas. Frutos en cápsulas trilobuladas, dehiscentes de 20 a 40 cm de longitud. Contienen de 12 a 25 semillas por fruto. Las semillas son de forma redonda y color castaño oscuro con 3 alas blanquecinas. Cada árbol puede producir de 15000 a 25000 semillas por año. El árbol de Moringa (*Moringa oleifera*), posee un alto contenido de proteínas en sus

hojas, ramas y tallos. Sus frutos y flores contienen vitaminas A, B, C y proteínas. Las semillas tienen entre 30 y 42% de aceite y su torta contiene un 60% de proteína (Foidlet *et al*, 1998).

2.4.9. Cosecha

La Moringa florea y fructifica siempre que tenga humedad disponible. Si las lluvias son continuas a lo largo del invierno, el rendimiento será constante y la floración puede marcarse dos veces. En condiciones de aridez puede inducirse la floración por medio de riegos. En ocasiones, es necesario podar algunas ramas para evitar el desgaje, por exceso de producción de vainas (Falasca, 2008).

Cuando se produce semilla para la reproducción, las vainas deben dejarse secar en el árbol hasta que se pongan color café. La cosecha debe realizarse antes de que las vainas se abran y caigan las semillas. Son de color pardo oscuro, globulares y de aproximadamente 1 cm de diámetro, con tres alas con una consistencia papirácea. Aparentemente existen variaciones en los pesos de las semillas de acuerdo a la variedad, desde 3,000 a 9,000 semillas por kilogramo (Parrota, 2009).

El corte de los rebrotes se realiza en intervalos entre 35 y 45 días, estos en función de las condiciones de manejo del cultivo, pueden llegar a tener una altura de 1.20-1.5 m. El material cortado, tallos, ramas y hojas se pica y se suministra a los animales. Se ha llegado a ofrecer hasta 27 kg de material fresco/animal/día (Foidlet *et al*, 1998).

Los costales con la semilla deben guardarse en lugares ventilados y secos bajo sombra. Durante el proceso de cosecha debe evitarse el jaloneo de las vainas, pues esto desgaja las ramas. Debe tenerse presente que la madera es frágil, poco densa, por lo que es quebradiza (durante la cosecha evitar subirse al árbol o sostenerse en las ramas de menor diámetro) (CONCYT, 2008).

Moringa oleifera tiene otros usos como floculante natural, energético, fuente de materia prima de celulosa y de hormonas reguladoras de crecimiento vegetal; usos en los cuales tenemos investigaciones en marcha. Existe referencia de otros múltiples usos (Foidet *al*, 1998).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Definición del problema y justificación de la investigación

El consumo continuo de alimentos dentro de la sociedad guatemalteca ha hecho que la diversidad de cultivos que componen la canasta básica de la población se vea reducida, por lo tanto esta dependencia recae en muy pocos productos los cuales pueden variar constantemente de precio y dependiendo de la estacionalidad, la disponibilidad de los mismos pueden variar.

La propuesta a la búsqueda de nuevas alternativas en cuanto a explotación de nuevos cultivos y/o especies vegetales se refiere, se hace más que necesaria en un país donde la diversidad de climas, altitudes y suelos hace a Guatemala un país con gran biodiversidad. Al mismo tiempo se debe hacer mención que las alternativas propuestas deben ser accesibles económicamente para toda la población, de rápido crecimiento y que sea una fuente de nutrientes sin la transformación de materia excesiva y es justamente aquí donde realizar investigaciones como cultivos tales como la Moringa que contribuyan a mejorar la calidad de vida de las personas a través de fuentes de alimentos baratos y de bajo recurso tecnológico.

Para alimentación humana la Moringa puede ser aprovechada en zonas rurales donde la diversificación de la canasta básica se ve limitada, causando severos cuadros de desnutrición. Básicamente la Moringa se caracteriza por aportar una gran cantidad de elementos nutritivos indispensables para el ser humano. En algunas regiones productores ya la consumen como alimento humano y como fuentes productoras de forrajes para animales, debido a que poseen una alta palatabilidad (CONCYT, 2008).

De este cultivo se aprovecha todas las partes de la planta y sus subproductos; de las hojas se pueden elaborar harinas, se pueden utilizar las vainas tiernas y maduras las cuales se pueden ingerir cocidos o se preparan a manera de espárragos. Las raíces debido a su sabor picante tal como el rábano puede ser utilizado como condimento en los alimentos. Las flores pueden ser utilizadas al ser preparadas con huevo. Entre otros. Es así como se puede obtener múltiples beneficios de la Moringa, de esta forma ser utilizada en planes de seguridad alimentaria en el país.

A pesar de ser una planta que se adapta a nuestro medio y de brindar los beneficios, como la fuente de alimentación humana y animal muy nutritiva y apetecible, su explotación es muy escasa debido al poco conocimiento que se tiene acerca del comportamiento, requerimientos, etapas fenológicas, entre otros aspectos de este cultivo, por eso fue necesario evaluar localidades del suroccidente y en función de esto determinar bajo qué condiciones edafoclimáticas hay mayor adaptabilidad y de esta forma contribuir a generar información básica y enfocar esfuerzos en utilizarla como seguridad alimentaria.

Es necesario generar información que contribuya a maximizar los rendimientos de dicho cultivo de acuerdo a los requerimientos climáticos y distanciamientos de siembra y de esta forma masificar su información dentro de la población de escasos recursos.

IV. OBJETIVOS.

4.1 General

- Evaluación del cultivo de Moringa (*Moringa Oleifera LAM*) en tres localidades del suroccidente de Guatemala.

4.2 Específicos

- Comparar la adaptabilidad de la Moringa en distintas localidades midiendo las variables crecimiento de altura, diámetro y tasa de crecimiento en el cultivo de Moringa (*Moringa oleífera LAM*).
- Determinar el efecto de las localidades sobre las variables rendimientos biomasa fresca y materia seca en el cultivo de Moringa. de Guatemala.

V. HIPOTESIS

Ha:

- La Moringa (*Moringa oleifera* LAM) en al menos una localidad será estadísticamente significativa con el resto de localidades del suroccidente Guatemala.
- Al menos algún distanciamiento de siembra de Moringa (*Moringa oleífera* LAM), será estadísticamente significativa en cuanto a adaptabilidad se refiere.
- Al menos alguna interacción entre distanciamiento de siembra y localidad mostrará diferencia estadística significativa en cultivo de Moringa (*Moringa oleífera* LAM).

VI. METODOLOGÍA

El estudio se realizó con la finalidad de determinar y documentar los resultados obtenidos en una investigación experimental no documentada o publicada, en donde se utilizó un diseño estadístico factorial para la evaluación de la adaptabilidad a diferentes altitudes y distanciamiento de siembra en el suroccidente de Guatemala.

6.1 Localización de la investigación

La investigación se llevó a cabo en tres localidades con diferentes altitudes, ubicadas en el suroccidente de Guatemala. Por lo tanto las condiciones edafoclimáticas y sobre todo la altitud fueron los principales contrastes en la obtención de resultados.

El sembradillo de moringa consistió en realizar tres parcelas con tres distanciamientos de siembra, siendo 9 parcelas por altitud, haciendo un total de 27 parcelas experimentales por las 3 localidades. Quedando distribuidos de la siguiente manera:

Cuadro 2. Localidades y distanciamientos de siembra utilizados en la investigación.

Altitudes msnm	Repeticiones		
	0.20 * 0.20 m	0.40 * 0.40 m	0.80 * 0.80 m
0-100	3 parcelas	3 parcelas	3 parcelas
500-600	3 parcelas	3 parcelas	3 parcelas
1000-1100	3 parcelas	3 parcelas	3 parcelas
Tratamientos	9	9	9

Fuente: Autor (2013).

Cuadro 3. Número de plantas en parcelas neta y bruta.

Distanciamiento	plantas bruta	Parcela neta	Total Plantas
0.20 * 0.20 m	544	81	625
0.40 * 0.40 m	144	25	169
0.80 * 0.80 m	40	9	49

Fuente: Autor (2013).

Dichas localidades se describen a continuación:

6.1.1 Finca Transito Bolívar

Según Simmons (1959) los suelos de finca Transito Bolívar pertenece a la serie de suelos chuvá, perteneciente a los suelos del declive del pacífico, cuyas principales características son suelos profundos sobre materiales volcánicos de color claro, en relieve inclinado.

Según Holdridgela zona de vida es bosque muy húmedo subtropical cálido. La temperatura media oscila entre 20.3 °C a 23 °C, la precipitación media oscila entre 3500 a 4000 mm anuales.

La finca se encuentra ubicada a una altitud de 1071 msnm y en las coordenadas UTM 0637501 y 1627339.

6.1.1.1 Resultados por área.

El desarrollo del cultivo en esta área se vio muy afectada por la intensa precipitación que se tienen en el área y el tipo de clima con que cuenta, la forma que se lograron los resultados obtenidos fue por la aplicación de: Fungicidas (previcur, silvacur), Fertilizante foliar (bayfolanforte) a cada 15 días haciendo un total de 18 aplicaciones, fertilizante químico (15-15-15) a cada 30 días, lo cual hizo a que se incrementara el costo de producción, obteniendo datos no satisfactorio por lo que afectaría algunas variables de respuesta

6.1.2 Finca San Isidro Morazán

Finca San Isidro Morazán se encuentra ubicada en el municipio de Génova, del departamento de Quetzaltenango.

Los suelos de Génova donde se realizó la investigación pertenecen a la serie de Suelos chocolá de acuerdo a Simmons (1959).

La temperatura oscila entre 25 °C la mínima y 28 °C la temperatura máxima, la precipitación promedio varía de 2000 a 2099 mm al año. Según Holdridge el área de estudio se encuentra ubicada en un Bosque muy húmedo subtropical Cálido (bmh-S(c)). Dicha finca se encuentra ubicada a una altitud de 515 msnm en las coordenadas UTM 630185 y 1618044.

6.1.2.1 Resultado

El resultado en esta zona no fue la esperada, porque hubo factores abióticos que afectó el desarrollo del cultivo.

6.1.3 Parcelamiento El Reposo

Al igual que la Finca San Isidro Morazán, el Parcelamiento el Reposo se encuentra ubicado en el municipio de Génova del departamento de Quetzaltenango.

Los suelos según Simmons el tipo de suelo de esta región pertenece a la serie chόcola y las zonas de vida presente un bosque húmedo tropical

Dicho parcelamiento se encuentra ubicado 21 msnm y en las coordenadas UTM 0619776 y 1606779.

6.1.3.1 Resultados

Esta es el área en donde se obtuvieron mejores resultados, en cuanto a crecimiento y producción, con menores recursos económicos, recursos humano etc.

El procedimiento y las labores de todos los cuidados en esta plantación fueron las determinadas en el cronograma del anteproyecto. Obteniendo así una buena producción de biomasa fresca y seca, con un costo por debajo de las otras altitudes, ya que lo único que se realizó fue, darles manejos culturales.

6.2 Material experimental

El material experimental que se utilizó fue Moringa (*Moringa oleífera* LAM), que es la especie más importante de nuestro medio, las semillas utilizadas fueron clasificados de acuerdo a características físicas observables y libres de ataque de plagas y enfermedades.

Para asegurar una buena germinación y no afectar los resultados del estudio se realizaron pruebas de germinación y vigorosidad e incluso se hizo pruebas con semillas escarificadas y no escarificadas, en donde se determinó que las plantas proveniente de semillas escarificadas tienen una germinación más rápida, pero con poca vigorosidad, en comparación con las semillas con cubierta seminal que es todo lo contrario. Estas pruebas se hicieron con la finalidad de determinar la calidad y obtener resultados concretos y veraces en esta investigación.

6.2.1 Proceso de recolección de datos

Fase 1:

Gabinete o fase de formulación de anteproyecto de tesis, el cual incluyó temas de mayor relevancia como: Título, introducción, objetivos, metodología, hipótesis, referencias bibliográficas, etc.

Fase 2:

Fase de campo, se recopiló la información en las localidades o altitudes donde se encontraba los sembradillos de moringa, realizando mediciones y cálculos del desarrollo fenológico, obteniendo datos para el análisis de las variables de respuesta planteados en la investigación.

Fase 3:

Revisión y análisis, con la información que se obtuvo al momento de la toma de datos de acuerdo a las diferentes etapas de desarrollo, se procedió a agrupar y a interpretarlos de acuerdo a las altitudes y distanciamientos de siembra.

6.3 Factores a estudiar

Los factores a estudiar fueron los siguientes:

6.3.1 Factor A: Las localidades se encuentran ubicadas geográficamente en distintos puntos. En cada una de las localidades se llevó un registro de:

➤ Temperatura

Este fenómeno natural era variable de acorde a la condiciones de altura, masa boscosa, precipitación pluvial y humedad relativa, esta oscilo entre los 18 y 35 °c

➤ **Precipitación pluvial**

Fenómeno ambiental muy importante en el desarrollo de las plantas, de acuerdo al estudio el estrato más afectado por la lluvia fueron las que se encontraban sembrada a alturas mayores de los 1000 msnm, por lo que incremento el costo en sus cuidados en donde la precipitación era muy fuerte; lo cual hizo que las plantas sufrieran un retraso en el desarrollo y una alta susceptibilidad al ataque de patógenos, y como consecuencia, una reducción a la parte foliar del cultivo, por lo que no se recomienda realizar siembra en estas zonas con condiciones climáticas muy drásticas.

6.3.2 Factor B: Los distanciamientos de siembra fueron:

- 0.20 X 0.20 m
- 0.40 X 0.40 m
- 0.80 X 0.80 m

6.4 Descripción de los tratamientos

Cada uno de los tratamientos fue constituido, por cada una de las localidades a evaluar, en total se evaluaron tres localidades y tres distanciamientos de siembra, por lo tanto el diseño experimental fue constituido por 9 tratamientos, distribuidos en tres repeticiones. Los tratamientos se describen a continuación:

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos evaluados durante la investigación.

Tratamiento	Localidad	Coordenadas (UTM)		Altitud (msnm)	Distanciamiento de siembra (m)
		X	Y		
1	Finca Transito Bolívar	637501	1627339	1071	0.2 x 0.2
2					0.4 x 0.4
3					0.8 x 0.8
4	Finca San Isidro Morazán	630185	161804	515	0.2 x 0.2
5					0.4 x 0.4
6					0.8 x 0.8
7	Parcelamiento El Reposo	619776	1606779	21	0.2 x 0.2
8					0.4 x 0.4
9					0.8 x 0.8

Fuente: Autor (2013).

Los distanciamientos de siembra descritos anteriormente se seleccionaron según CONCYT (2008).

6.5 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bifactorial con arreglo combinatorio y medidas repetidas, para nueve tratamientos y tres repeticiones.

6.6 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \beta_j + A_i\beta_j + R_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = La variable de respuesta a evaluar

μ = La media general

A_i = Efecto de la i -ésima localidad.

β_j = Efecto del j -ésimo distanciamiento de siembra.

$A_i\beta_j$ = Interacción de la i -ésima localidad con el j -ésimo distanciamiento de siembra.

R_k = Efecto del R_k -ésima repetición.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la i - j -ésima unidad experimental.

6.7 Unidad experimental

Las unidades experimentales fueron trazadas con un área de 25 m², constituyéndose así la parcela bruta, tomando en cuenta que el efecto borde contribuye a la obtención de datos con menor error, se tomó como subunidad un área de 4 m².

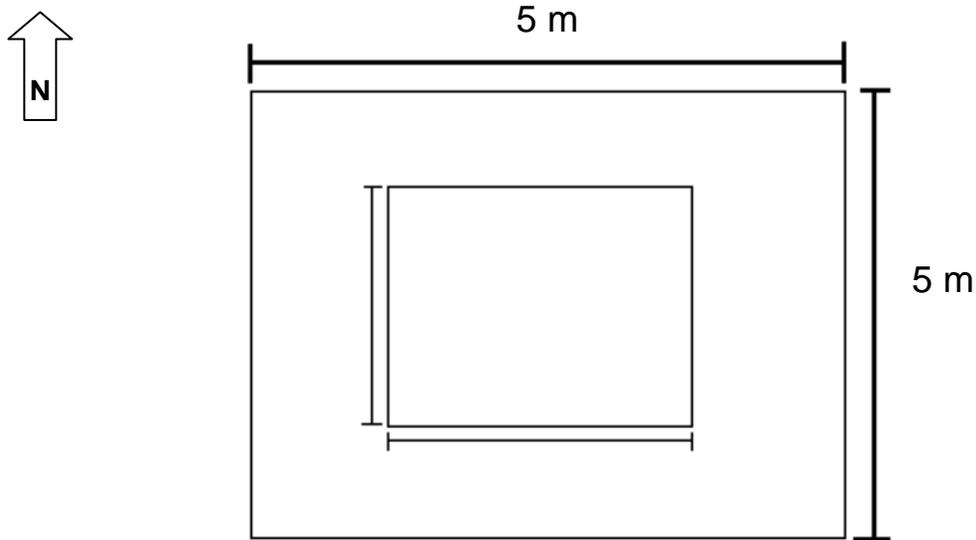


Figura 1. Parcela neta y parcela bruta de la unidad experimental.

6.8 Croquis de campo



Figura 2. Croquis de la investigación en campo .

Nota: La nomenclatura utilizada corresponde a los distanciamientos de siembra siendo los siguientes: D1= 0.2m X 0.2m, D2= 0.4m X 0.4m D3= 0.8m X 0.8m.

6.9 Manejo del experimento

6.9.1 Selección de la semilla.

Se seleccionó la semilla de Moringa que se encontraban libres de daños mecánicos por labores culturales, daños por insectos y por enfermedades, con apariencia vigorosa, evitando las de color oscuro o necróticas. Además se realizó una prueba de germinación, para determinar la viabilidad de la semilla, ya que las semillas utilizadas fueron de origen comercial.

Ver figura. 3

6.9.2 Pruebas de germinación.

Para determinar la germinación de la semilla se seleccionaron 100 semillas al azar y se sembraron en una cámara de germinación la cual consistió en una caja de madera de 0.50 x 0.50 m y se evaluó el número de semillas germinadas, y a partir de aquí determinar el porcentaje de germinación. Se tomó como válida la información ya que se encontraba por arriba del 95% de germinación. En otra caja se realizó la siembra de otras 100 semillas, 50 semillas escarificadas y otras 50 con la cubierta seminal, se determinó que esta última tiene un mejor desarrollo y mejor vigorosidad pero es más tardada la germinación.

6.9.3 Selección del terreno

Se seleccionó un terreno plano con una pendiente próxima al 0%, sin sombra, homogéneo, de esta forma se evitó que existiera un sesgo en la obtención de los resultados.

6.9.4 Preparación del terreno

La preparación del terreno, se realizó de forma manual, con ayuda de azadones, se realizó el barbecho a una profundidad de 35 cm en todo el terreno, de esta forma se garantizó condiciones edáficas óptimas para el desarrollo radicular de las plantas.

6.9.5 Siembra de la semilla

La siembra de la semilla se realizó de forma manual, la colocación de la misma en el suelo. Se hizo un agujero de acuerdo al distanciamiento de siembra de cada tratamiento, colocando dos semillas por agujero de esta forma se garantizó la germinación de por lo menos una planta por postura. Esta actividad se realizó el 9 y 10 de mayo del 2012.

Ver Figura 5.

6.9.6 Raleo

El raleo se realizó a los 30 días después de la germinación de la semilla, dejando únicamente una planta por agujero, seleccionando la planta más vigorosa, con mayor número de hojas, de tamaño más alto y diámetro del tallo más desarrollado.

6.9.7 Fertilización

Según el cronograma de actividades se realizaron 3 fertilizaciones importantes durante la investigación, las cuales se detallan a continuación:

6.9.7.1 Primera fertilización.

Se aplicó el fertilizante 20-20-00 químico, a una dosis de 10 g por planta, se aplicó una edad de 30 días de haber germinada, con el fin de esperar que las semillas germinadas y sus raíces de la planta estuvieran desarrollada para que aprovechen el fertilizante.

6.9.7.2 Segunda fertilización.

Se realizó cuando la planta tenía una edad de 80 días, con el fertilizante 15-15-15, con una dosis de 10 gramos por planta.

6.9.7.3. Tercera fertilización.

Se utilizó un fertilizante nitrogenado 46-00-00, para que ayude a estimular la formación de proteínas en la planta, semillas y obtener así un buen desarrollo de las mismas. (En dos localidades se realizaron otras aplicaciones)

La dosis utilizada fue de 15 gramos por planta, se realizó esta fertilización a la edad de 140 días. De acuerdo a las características fenotípicas de las plantas no fue suficiente solo con la aplicación de estas tres fertilizaciones en el estrato sembrado a 1000 msnm. Por lo que se les aplicó otros suplementos nutritivos y lograr así obtener resultados. Dichos suplementos fueron, la aplicación de fertilizantes foliares (bayfolan, forte y otras fertilizaciones de mezclas físicas a cada 30 días) aplicación de fungicida, insecticida, estos compuestos químicos se hizo necesario el uso por el tipo de clima que posee el área lo cual inhibían el desarrollo y transmisión de enfermedades a través de organismos bióticos y abióticos.

6.9.8 Control de malezas

El primer control de malezas se realizó a los 15 días después de la siembra, y las otras limpiezas se programaron de acuerdo al vigor y la intensidad con que las malas hierbas se desarrollaban, el desmalezado se realizó de forma manual y mecánica utilizando azadones y machetes.

6.9.9 Riego

No se aplicó riego al inicio ya que la investigación se realizó durante el invierno. La precipitación pluvial durante la época de invierno suplió las necesidades hídricas del cultivo. Sin embargo cuando se terminó la estación del invierno no fue necesario la aplicación del riego por lo que el cultivo ya se encontraba bien desarrollada e incluso el invierno finalizó a mediados de noviembre, para el estrato de 0 - 100 msnm y en los otros dos estratos son áreas boscosas por lo que siempre llueve en casi todo el año.

6.9.10 Cosecha.

La cosecha de la moringa se realizó de forma manual, en donde se determinó la biomasa fresca, seca, y concluir así con la determinación de la relación beneficio/costo. La obtención de estos datos se hizo a través del uso de básculas electrónicas.

La cosecha de la semilla: no se realizó ya que el ciclo del cultivo para fructificación es del 12 meses y el tiempo de estudio fue de 9 meses, al momento de realizar el corte del sembradillo las plantas se encontraban en el pleno periodo de floración.

6.10 Variables de respuesta

6.10.1 Variables de crecimiento.

a) Altura de la planta (cm)

Se realizó la medición de la altura de la planta desde la base del cuello de la raíz de la planta, ubicada a nivel de suelo hasta el meristemo apical, para esto se utilizó una cinta métrica. Esta toma de datos se realizó cada 30 días, ver figura 6.

b) Diámetro de la planta (cm)

Para medir el diámetro de la planta, se realizó la toma de datos a 0.10 m de altura, tomando como punto de referencia el suelo. Para esto se utilizó un vernier. Esta variable al igual que la anterior se tomó cada 30 días.

c) Tasa de crecimiento (cm/día)

Se determinó la tasa de crecimiento de la planta de Moringa en diferentes localidades, para esto se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de crecimiento} = \frac{\text{Lectura final (cm)} - \text{Lectura inicial(cm)}}{\text{Tiempo entre ambas lecturas (días)}}$$

d) Tamaño de la raíz (cm)

Esta variable se determinó un mes después de llevada la semilla a suelo definitivo, repitiéndose la lectura a cada 30 días hasta el final de la investigación, para esto se midió la longitud de la raíz desde el cuello de la planta lugar donde inicia el desarrollo radicular, hasta la cofia de la misma. Para esto se utilizó una cinta métrica para determinar la longitud de la misma.

e) Biomasa fresca (kg/ha)

Para determinar el rendimiento de biomasa de Moringa, se tomó en cuenta hojas, pecíolos, brotes y tallos con diámetro menores a 5 mm. Esto se pesó en una balanza gramera y se determinó la estimación de biomasa fresca en kg/ha.

f) Materia seca (kg/ha)

Luego de haber determinado el peso de biomasa fresca, esta se secó en la sombra durante varios días, hasta que estuviera deshidratada, para determinar el tiempo exacto se pesó todos los días y se terminó de pesar hasta que la muestra alcanzo un peso constante.

6.11 Análisis de la información

6.11.1 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA), utilizando el programa estadístico SAS a un nivel de significancia α 0.05, luego donde existio diferencia estadística significativa entre tratamientos se realizó una prueba múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey como comparador, asignándose literales para la identificación de las diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION.

7.1 Porcentajes de germinación y días de emergencia de *Moringa oleífera*, Lam

Las características de germinación de las semillas de *M oleífera*, en las tres localidades se muestran en el cuadro 3.

Se realizó el análisis de varianza y los resultados obtenidos fueron:

Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable porcentaje de germinación en el cultivo de *Moringa oleífera*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	2	25.5468	12.773438	0.4989	0.621 ^{ns}
Factor A	2	2116.2187	1058.1093	41.3267	0*
Factor B	2	3.9687	1.9843	0.0775	0.925 ^{ns}
Interacción	3	83.8125	20.9531	0.8184	0.534 ^{ns}
Error	16	409.6562	25.6035		
Total	26	2639.2031			

CV= 5.89%

Se determinó que el coeficiente de variación fue bajo, obteniendo 5.89%, por lo que el experimento se manejó bien, además se determinó diferencia estadística únicamente entre localidades, no así entre distanciamiento de siembra y la interacción entre distanciamiento de siembra y localidades.

Se realizó la prueba de Tukey a una confiabilidad de 0.05 obteniendose los siguientes resultados.

Cuadro 6. Comparación de medias de la variable porcentaje de germinación

Localidad	% de germinación	Literal
El Reposo	93.60	A
San Isidro Morazán	90.69	A
Transito Bolívar	73.53	B

Se observó que las mejores localidades para germinación de la semilla de *Moringa* fue en El Reposo y San Isidro Morazán con 93.60% y 90.69% respectivamente, mientras que la localidad Transito Bolivar fue la de menor tasa de germinación con 73.53% de germinación.

Los resultados anteriores son debido a que en San Isidro Morazán y Parcelamiento El Reposo, la semilla utilizada provenía de árboles que se encontraban en condiciones ambientales similares, se realizó la selección siguiendo los procedimientos ancestrales de los campesinos, es decir: tamaño grande, uniforme, semillas brillosas, mientras que para la localidad de finca Transito Bolívar, se trasladó semillas de otras localidades, debido a que en el lugar no hay árboles o plantaciones comerciales.

Cuadro 7. Días de emergencia de *Moringa oleífera*, bajo tres localidades.

	Localidad		
	Transito Bolívar	San Isidro Morazán	Parc. El Reposo
Días a emergencia	7 – 9	6 – 7	6-7

Fuente Autor (2012).

7.2 Altura de plantas

Se midió desde el nivel del suelo hasta la altura máxima de la planta, se realizó al comienzo de la madurez fisiológica, se tomaron en cuenta 20 plantas del surco central de cada unidad experimental sin tomar en cuenta medio metro de los extremos de cada surco, evitando el error de borde; se tomaron al azar 10 plantas.

En el cuadro 4, se presentan los resultados obtenidos a nivel de campo de plantas de *Moringa oleífera*, evaluadas bajo tres localidades, la altura fue tomada cada 30 días.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la evaluación de la variable altura de planta de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y tres distanciamientos de siembra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	2	0.2571	0.128525	2.0662	0.158 ^{ns}
Factor A	2	100.7905	50.39526	810.1813	0.000 **
Factor B	2	0.5845	0.292297	4.6991	0.024 *
Interacción A X B	3	1.0327	0.258179	4.1506	0.017 *
Error	16	0.9952	0.062202		
Total	26	103.6601			

C. V = 7.81%

Al analizar los resultados obtenidos en el ANDEVA para la variable altura de planta nos encontramos que existe diferencia significativa para un $\alpha = 0.05$ para las diferentes alturas sobre el nivel del mar (Factor A), también existe diferencia altamente significativa para la variable distanciamiento de plantas (Factor B), así como para la interacción localidad de siembra por distanciamiento de siembra, por tal razón se procedió a realizar la prueba de Tukey para cada una de las diferencias significativas.

Cuadro 9. Interacción de factores localidad de siembra y distanciamiento en *Moringa oleífera* de la variable altura de la planta en metros.

Altitud (msnm)	Distanciamiento (m)	Altura (m)	Literal
0-100	0.2 x 0.2	5.523	A
0-100	0.8 x 0.8	5.18	A
0-100	0.4 x 0.4	4.51	A
500-600	0.8 x 0.8	4.05	B
500-600	0.2 x 0.2	3.94	B
500-600	0.4 x 0.4	3.92	B
1000- 1100	0.8 x 0.8	0.563	C
1000- 1100	0.4 x 0.4	0.5133	C
1000- 1100	0.2 x 0.2	0.5133	C

De acuerdo a las localidades y los distanciamientos de siembra las localidades ubicadas en la altitud de 0 a 100 msnm y en 3 distanciamientos de siembra obtuvieron los mejores resultados con alturas de plantas comprendidas entre 4.51 m a 5.52 m. Por lo tanto fueron los que mostraron mejores resultados.

7.3 Diámetro de plantas

Para medir el diámetro de la planta, se realizó la toma de datos a 0.10 m de altura, tomando como punto de referencia el suelo. Para esto se utilizó un vernier, los datos de acuerdo al cronograma de actividades se tomaron cada 30 días.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la evaluación de la variable diámetro de tallo de plantas de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Repeticiones	2	0.065170	0.032585	1.56750	0.238 ^{ns}
Factor A	2	3.012039	1.506030	72.44670	0.000 **
Factor B	2	0.117737	0.286191	2.83190	0.087*
Interacción A X B	3	1.144764	0.020788	13.76720	0.000**
Error	16	0.332607			
Total	26	4.672318			

C. V = 12.88%

Al analizar los resultados obtenidos en el ANDEVA para la variable diámetro de planta nos encontramos que no existe diferencia significativa entre repeticiones, al analizar las otras fuentes de variación para un $\alpha = 0.05$ para los diferentes diámetros de planta a una altura de 0.10 m sobre el nivel del cuello de la raíz, tenemos diferencia altamente significativa entre localidades (Factor A), también existe diferencia significativa para la variable distanciamiento de siembra (Factor B), así como para la interacción localidad de siembra por distanciamiento de siembra, por tal razón se procedió a realizar la prueba de Tukey para cada una de las diferencias significativas.

Cuadro 11. Interacción de los factores distanciamiento de siembra y altitud de la variable diámetro en plantas de moringa.

Altitud	Distanciamiento (m)	Diámetro (cm)	Grupo de tukey
0-100	0.2 x 0.2	1.85	A
0- 100	0.8 x 0.8	1.45	B
500-600	0.2 x 0.2	1.25	B
0-100	0.4 x 0.4	1.21	B
500- 600	0.8 x 0.8	1.18	B
500- 600	0.4 x 0.4	1.05	B
1000- 1100	0.4 x 0.4	1.05	B
1000- 1100	0.2 x 0.2	0.52	C
1000- 1100	0.8 x 0.8	0.5	C

De acuerdo a la interacción, los mayores diámetros se encontraron en altitudes de 0 a 100 msnm a un distanciamiento de 0.2 x 0.2 m por lo tanto es el que mejor rendimiento mostró.

7.4 Tasa de crecimiento

Se determinó la tasa de crecimiento de la planta de Moringa en diferentes localidades, los datos se tomaron cada 30 días y se determinó como la relación de crecimiento cm/día.

En el cuadro 12, se presenta el análisis de varianza de la tasa de crecimiento de plantas de *Moringa oleífera*, podemos observar de acuerdo a los resultados que no existe diferencia significativa entre las repeticiones, para las otras fuentes de variación para un $\alpha = 0.05$ tenemos diferencia altamente significativa para el factor A (localidad de siembra), diferencia significativa para el factor B (distanciamiento de siembra, así como para la interacción localidad de siembra por distanciamiento de siembra.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la evaluación de la variable tasa de crecimiento de plantas de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Repeticiones	2	0.268780	0.013439	1.67930	0.217 ^{ns}
Factor A	2	12.57390	6.286951	785.5746	0.000 **
Factor B	2	0.078740	0.039373	4.91980	0.021*
Interacción A X B	3	0.139900	0.034986	4.37170	0.014*
Error	16	0.128000	0.008000		
Total	26	12.947500			

C. V = 7.98%

Cuadro 13. Interacción de los factores distanciamiento de siembra y tres localidades ubicadas a altitudes diferentes en el cultivo de *Moringa* para la variable tasa de crecimiento.

Altitud	Distanciamiento (m)	Tasa de crecimiento (cm/día)	Literal
0-100	0.2 x 0.2	1.95	A
0-100	0.4 x 0.4	1.5833	B
0- 100	0.8 x 0.8	1.57	B
500- 600	0.2 x 0.2	1.3857	B
500- 600	0.4 x 0.4	1.3733	B
500- 600	0.8 x 0.8	1.3223	B
1000- 1100	0.4 x 0.4	0.1833	C
1000- 1100	0.8 x 0.8	0.18	C
1000- 1100	0.2 x 0.2	0.1733	C

La localidad que mostró mayor tasa de crecimiento fue la ubicada a 0-100 msnm y un distanciamiento de siembra de 0.2 x 0.2 m, obteniendo 1.95 cm/día, mientras que las altitudes de 1000-1100 msnm fueron las que mostraron menor tasa de crecimiento.

7.5 Longitud raíz (cm)

Esta variable se determinó un mes después de realizada la siembra, repitiéndose la lectura a cada 30 días hasta el final de la investigación, para esto se midió la longitud de la raíz desde el cuello de la planta lugar donde inicia el desarrollo radicular, hasta la

cofia de la misma. Para esto se utilizó una cinta métrica para determinar la longitud de la misma.

La investigación se realizó con la finalidad de contribuir con la seguridad alimentaria y determinar algunas características adaptables del cultivo de *Moringa oleífera*, en el suroccidente de Guatemala, la gran importancia de esta planta como un alimento que contribuya la solución de los problemas alimentarios, la cual es de bajo costo en nuestro país.

Los datos obtenidos a través del proceso de desarrollo y crecimiento de la moringa se logró realizar la toma y documentación de la información, siguiendo la metodología de evaluación de tesis, para cada una de las variables, se presentan, discuten y evalúan los resultados.

Previo a realizar los análisis de varianza (ANDEVA), se determinó la normalidad de los datos y la homogeneidad de las varianzas para cada una de las variables evaluadas, mediante pruebas

Cuadro 14. Análisis de varianza para la evaluación de la variable longitud de la raíz de plantas de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones		2	34.2187	17.10973	1.2284	0.319 ^{ns}
Factor A		2	4741.9277	2370.9638	170.2213	0**
Factor B		2	355.6367	177.8183	12.7663	0.001**
Interacción		3	374.9648	93.7412	6.7301	0.003**
Error		16	222.8593	13.9287		
Total		26	5729.607			

CV= 11.68%

De acuerdo al coeficiente de variación los datos se tomaron adecuadamente ya que este fue 11.68% y por lo tanto son confiables. Según el análisis de varianza se determinó que existió diferencia significativa en la altitud, distanciamientos de siembra y en la interacción de altitud y distanciamiento de siembra.

Se realizó la prueba de Tukey y los resultados obtenidos fueron:

Cuadro 15. Prueba de tukey de la interacción distanciamiento de siembra y altitud del cultivo de Moringa para la variable longitud (cm).

Altitud (msnm)	Distanciamiento (m)	Longitud (cm)	Literal
0-100	0.2 x 0.2	57.08	A
0-100	0.8 x 0.8	47.55	A
500-600	0.2 x 0.2	38.28	B
0-100	0.4 x 0.4	36.26	B
500-600	0.4 x 0.4	32.87	B
500-600	0.8 x 0.8	31.38	B
1000-1100	0.8 x 0.8	14.86	C
1000-1100	0.2 x 0.2	14.7667	C
1000-1100	0.4 x 0.4	14.56	C

Según el análisis realizado utilizando la prueba de tukey se determinó que los mejor tratamientos en la interacción Altitud y distanciamiento fue a una altitud de 0 a 100 msnm en los distanciamientos de 0.2 x 0.2 m y 0.8 x 0.8 m con longitudes de 57.08 cm y 47.55 cm respectivamente.

7.6 Rendimiento de materia fresca (kg/ha)

Se determinó el rendimiento de materia fresca (kg/ha) del cultivo de Moringa bajo diferentes localidades y diferentes distanciamientos de siembra. Los resultados obtenidos fueron:

Cuadro 16. Análisis de varianza del variable rendimiento del cultivo de *Moringa oleífera*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones		2	27357952	3678976	1.7311	0.208 ^{ns}
Factor A		2	2.3082E+10	1540889856	725.05	0**
Factor B		2	2.7333E+10	3666284800	1725.13	0**
Interacción A*B		3	4.2963E+10	740679808	348.51	0**
Error		16	1634003456	2125216		
Total		26	9.5038E+10			

ns= No hay significancia estadística.

**= diferencia estadística significativa.

CV= 8.45%

Según el coeficiente de variación se obtuvo 8.45% por lo que se toman como confiables los valores, lo anterior demuestra que el experimento se manejó bajo excelentes condiciones. Se determinó que existió diferencia significativa para las altitudes, distanciamiento de siembra y la interacción de ambos factores, por lo que se realizó una prueba de tukey a 95% de confianza para los factores descritos anteriormente. Los resultados fueron:

Cuadro 17. Prueba de tukey de la interacción altitud y distanciamiento de siembra en la variable rendimiento del cultivo de *Moringa oleífera*

Altitud	Distancia	Rendimiento (kg/ha)	Literal
0-100	0.2 x 0.2	66884.1172	A
500-600	0.2 x 0.2	47665.32	B
0-100	0.4 x 0.4	13666.77	C
500-600	0.4 x 0.4	11873.04	C
1000-1100	0.2 x 0.2	6204.03	C
0-100	0.8 x 0.8	3918.73	CD
500-600	0.8 x 0.8	3067	D
1000-1100	0.4 x 0.4	1604.49	D
1000-1100	0.8 x 0.8	428	D

Se determinó que los mayores rendimientos se obtuvieron utilizando un distanciamiento de siembra de 0.2 x 0.2 m a una altitud de 0-100 msnm con un rendimiento de 66884.12 kg/ha.

7.7 Rendimiento materia seca (kg/ha)

Se sometió a deshidratación durante varios días, las muestras colectadas de las diferentes unidades experimentales de los tratamientos evaluados. Para los datos de esta variable se realizó un análisis de varianza, -ANDEVA- para determinar si existe diferencia estadística significativa entre tratamientos. Los datos son:

Cuadro 18. Análisis de varianza de la variable rendimiento en seco (kg/ha) del cultivo de *Moringa oleífera*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	
Repeticiones		2	295520	147760	1.7311	0.38ns
Factor A		2	123219104	61609552	725.41	0**
Factor B		2	293273344	146636672	1726.55	0**
Interacción		3	118534176	29633544	348.91	0**
Error		16	1358880	84930		
Total		26	536681024			

CV= 9.78%

De acuerdo al análisis anterior el coeficiente de correlación fue de 9.78% por lo tanto los datos son confiables y por lo tanto el experimento se manejó de excelente forma. Se determinó que existió diferencia estadística significativa únicamente en los factores distanciamiento, altitud y la interacción de distanciamiento de siembra y altitud. Por lo tanto se realizó una prueba de medias utilizando el comparador estadístico Tukey con 95% de confiabilidad.

Cuadro 19. Interacción de distanciamiento de siembra y altitud de siembra de la variable rendimiento de materia seca en *Moringa oleífera*.

Altitud	Distanciamiento de siembra (m)	Rendimiento (kg/ha)	Literal
0-100	0.2 x 0.2	13376.82	A
500-600	0.2 x 0.2	9533.06	B
0-100	0.4 x 0.4	2733.35	C
500-600	0.4 x 0.4	2733.35	C
1000-1100	0.2 x 0.2	1240.8	C
0-100	0.8 x 0.8	783.74	C
500-600	0.8 x 0.8	613.39	C
1000-1100	0.4 x 0.4	323.89	C
1000-1100	0.8 x 0.8	85.72	D

Se determinó que la altitud de 0 a 100 msnm con un distanciamiento de siembra de 0.2 x 0.2 m obtuvo un rendimiento en materia seca de 13376.82 kg/ha siendo estos resultados estadísticamente superior al resto.

VIII. CONCLUSIONES.

- En cuanto altura de la planta se determinó que el mejor tratamiento fue la siembra de Moringa entre 0-100 msnm y una distancia de 0.2 x 0.2 m con una altura de 5.523 m.
- El diámetro si se ve influenciada por la altitud, obteniendo una media de 1.50 cm en altitudes menores a 100 msnm, y un distanciamiento de siembra de 0.2 x 2 m.
- La tasa de crecimiento fue mayor en parcelamiento el reposo con un distanciamiento de siembra de 0.2 x 0.2 m, obteniendo una tasa de 1.7867 cm/día, siendo esto superior a las otras localidades evaluadas.
- EL mejor tratamiento en cuanto a longitud de la raíz fue a una altitud de 0 a 100 msnm en los distanciamientos de 0.2 x 0.2 m y 0.8 x 0.8 m con longitudes de 57.08 cm y 47.55 cm respectivamente.
- Los mayores rendimientos en materia fresca se obtuvieron utilizando un distanciamiento de siembra de 0.2 x 0.2 m a una altitud de 0-100 msnm con un rendimiento de 66884.12 kg/ha.
- Se determinó que la altitud de 0 a 100 msnm con un distanciamiento de siembra de 0.2 x 0.2 m obtuvo un rendimiento en materia seca de 13376.82 kg/ha siendo estos resultados estadísticamente superior al resto.

IX. RECOMENDACIONES.

- Se sugiere promover y difundir la siembra y producción de *Moringa oleífera Lam*, en condiciones adecuadas, ya que este cultivo es una fuente rica, barata y nutritiva para los seres vivos.
- Se encomienda realizar la siembra de este cultivo a altura menor a los 700 msnm ya que son área que poseen un desarrollo favorable del cultivo y en estas zonas de nuestro país hay más vulnerabilidad a la desnutrición.
- Sembrar Moringa en altitudes de 0 a 100 msnm y distanciamientos de siembra de 0.2 x 0.2 m
- La moringa actualmente tiene gran importancia por los beneficios que provee, ya que se utilizan en la agroindustrias, cosméticas, farmacéutica, purificador o sedimentador de aguas, buenas productoras de vitaminas y minerales para el ser vivo, etc.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Azurdia, C. 1995. Caracterización de algunos cultivos nativos en Guatemala. Guatemala. 172 p. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Instituto de Investigaciones Agronómicas de Agronomía. Facultad de Agronomía.
- CONCYT (2008). Uso potencial de la Moringa (*Moringa oleífera* LAM) para la producción de alimentos nutricionales y mejorados. Consultado el 28 de Septiembre de 2011. Disponible en: www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=libr...3.
- Fahey, J. (2006). Moringaoleifera: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Consultado el 01 de Octubre de 2011. Disponible en: http://moringamalunggay.com/John_Hopkins.pdf
- Falasca, S. (2008). Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. Consultado el 02 de Octubre de 2011. Disponible en: <http://revistavirtual.redesma.org/vol3/pdf/investigacion/Moringa.pdf>
- Foid, N.; Mayorga, L.; Vasquez W.; 1998. Utilización del Marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para ganado. Consultado el 12 de Noviembre de 2011. Disponible en: <http://www.moringanews.org/documents/foildspanish.pdf>
- HOLDRIDGE, clasificación de las zonas de vida de Guatemala

- Lopez, S. (2009). *Moringa oleifera*. Consultado el 12 de Noviembre de 2011. Disponible en: <http://territorioimaginario.blogspot.com/2009/09/moringa-oleifera.html>

- Parrotta, J (2009). Resedáárbol de rábano, *Moringa oleífera* LAM. Consultado el 01 de Octubre de 2011. Disponible en: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Moringaoleifera.pdf>

- Simmons, C., Tarano, J.M., Pinto, J.H. (1959). Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado Solsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra 1000p.

XI. ANEXO.

Cuadro 20. Porcentaje de germinación de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y tres distanciamientos de siembra.

Localidades	Repeticiones			Xi	Xi
	I	II	III		
0-100 msnm	0.20*0.20	95.00	93.00	95.50	94.50
	0.40*0.40	94.00	99.00	91.00	94.67
	0.80*0.80	95.40	86.50	93.00	91.63
500-600 msnm	0.20*0.20	86.00	95.50	93.58	91.69
	0.40*0.40	90.00	89.00	94.00	91.00
	0.80*0.80	85.00	90.10	93.00	89.37
1000-1100 msnm	0.20*0.20	65.70	75.10	78.00	72.93
	0.40*0.40	70	68	74	70.67
	0.80*0.80	80	84	67	77.00
	Xi	84.57	86.69	86.56	85.94

Cuadro 21. Datos de altura de plantas de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y tres distanciamientos de siembra.

Altitud msnm	Distanciamiento	Repeticiones			Xi	Xi
		I	II	III		
0 – 100	0.20 X 0.20 m	5.50	5.78	5.29	16.57	5.52
	0.40 X 0.40 m	5.16	4.13	4.25	13.54	4.51
	0.80 X 0.80 m	5.50	5.09	4.95	15.53	5.18
500 – 600	0.20 X 0.20 m	4.02	4.12	3.68	11.81	3.94
	0.40 X 0.40 m	4.15	3.54	4.07	11.77	3.92
	0.80 X 0.80 m	4.00	4.05	4.11	12.16	4.05
1000 – 1100	0.20 X 0.20 m	0.52	0.53	0.49	1.54	0.51
	0.40 X 0.40 m	0.54	0.52	0.53	1.59	0.53
	0.80 X 0.80 m	0.57	0.55	0.57	1.70	0.57
	X.j	29.96	28.29	27.95	86.20	3.19

Cuadro 22. Evaluación de la variable diámetro de tallo de plantas de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.

Altitud msnm	Distanciamiento	Repeticiones			Xi	Xi
		I	II	III		
0 – 100	0.20 X 0.20 m	1.67	1.93	1.95	5.55	1.85
	0.40 X 0.40 m	1.46	1.17	1.01	3.64	1.21
	0.80 X 0.80 m	1.71	1.35	1.31	4.37	1.45
500 – 600	0.20 X 0.20 m	1.22	1.27	1.26	3.74	1.25
	0.40 X 0.40 m	1.18	1.05	0.93	3.16	1.05
	0.80 X 0.80 m	1.35	1.13	1.06	3.53	1.18
1000 – 1100	0.20 X 0.20 m	0.490	0.430	0.640	1.560	0.520
	0.40 X 0.40 m	1.176	1.054	0.925	3.160	1.050
	0.80 X 0.80 m	0.440	0.470	0.600	1.510	0.500
X.j		10.680	9.850	9.680	30.210	1.120

Cuadro 23. Evaluación de la variable tasa de crecimiento de plantas de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.

Altitud msnm	Distanciamiento	Repeticiones			Xi	Xi
		I	II	III		
0 – 100	0.20 X 0.20 m	1.94	2.05	1.88	5.87	1.95
	0.40 X 0.40 m	1.81	1.45	1.49	3.75	1.58
	0.80 X 0.80 m	1.93	1.78	1.75	5.45	1.82
500 – 600	0.20 X 0.20 m	1.41	1.46	1.29	4.16	1.39
	0.40 X 0.40 m	1.45	1.24	1.43	4.12	1.37
	0.80 X 0.80 m	1.40	1.42	1.45	4.27	1.42

	0.20 X 0.20 m	0.170	0.180	0.170	0.520	0.170
1000 – 1100	0.40 X 0.40 m	0.190	0.180	0.180	0.550	0.180
	0.80 X 0.80 m	0.190	0.190	0.200	0.580	0.190
	X.j	10.510	9.940	9.840	30.290	1.120

Cuadro 24. Evaluación de la variable longitud de raíz de plantas de *Moringa oleífera* en tres diferentes localidades y bajo tres distanciamientos de siembra.

Altitud msnm	Distanciamiento	Repeticiones			Xi	Xi
		I	II	III		
0 – 100	0.20 X 0.20 m	52.90	62.67	55.67	171.23	57.08
	0.40 X 0.40 m	43.40	30.03	35.37	108.80	36.27
	0.80 X 0.80 m	50.33	47.33	45.00	142.67	47.56
500 – 600	0.20 X 0.20 m	36.75	40.12	37.98	114.85	38.28
	0.40 X 0.40 m	37.40	26.45	34.76	98.61	32.87
	0.80 X 0.80 m	35.40	28.85	29.90	94.15	31.38
1000 – 1100	0.20 X 0.20 m	16.40	14.20	13.70	44.30	14.77
	0.40 X 0.40 m	14.10	15.30	14.30	43.70	14.57
	0.80 X 0.80 m	15.20	14.20	15.20	44.60	14.87
	X.j	301.88	279.15	281.87	862.91	31.96

Cuadro 25. Datos obtenidos de rendimiento (kg/ha) a diferentes distanciamientos de siembra y diferentes altitudes por las 3 repeticiones en el cultivo de Moringa.

Altitud (msnm)	Distanciamiento (m)	Repeticiones		
		I	II	III
0-100	0.20*0.20	66561.20	69992.19	64098.96
	0.40*0.40	15631.18	12492.84	12876.30
	0.80*0.80	4162.60	3849.77	3743.82
500-600	0.20*0.20	48623.98	49862.77	44509.22
	0.40*0.40	12578.01	10706.81	12334.31
	0.80*0.80	3024.32	3063.67	3113.02
1000-1100	0.20*0.20	6272.66	6381.64	5957.81
	0.40*0.40	1640.82	1562.11	1610.55
	0.80*0.80	434.42	417.77	433.67

:



Fig. 1 Hojas e inflorescencia compuestas de la *Moringa Oleifera*



Fig. 2 Plantas con buenas características fenotípicas para la producción de semillas.



Fig.3 Semillas con buenas características fenológicas para sembrar.



Fig. 4 Trazado y Preparación del terreno.



Fig. 5 Siembra de la semilla de moringa



Fig. 6 Plántulas de moringa con 20 días de germinación.



Fig.7 Fase o edad de las plantas en que se realizó el raleo (30 días)



Fig. 8 Moringas con 60 días de edad.



Fig. 9 Moringas con 90 días de edad.



Fig.10 Medición de la altura de la planta.



Fig. 11 Altura de plantación antes de la toma de los últimos datos de la investigación.

