



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**Facultad de los Recursos Naturales y del Ambiente**

## **Trabajo de Graduación**

**Por un Desarrollo  
Agrario Integral  
y Sostenible**

**Evaluación del establecimiento de tres  
procedencias de *Moringa oleifera* Lam., (Marango)  
en la Finca Santa Rosa, Universidad Nacional  
Agraria**

### **AUTORES:**

**Br. Isamar Deyanire Martínez Moran**

**Br. Suleyma Fabiola Alemán Mora**

### **ASESOR:**

**Ing. Álvaro Noguera Talavera**

**Managua-Nicaragua**

**Septiembre 2016**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**Facultad de los Recursos Naturales y del Ambiente**

## **Trabajo de Graduación**

**Evaluación del establecimiento de tres procedencias de *Moringa oleifera* Lam., (Marango) en la Finca Santa Rosa, Universidad Nacional Agraria**

### **AUTORES:**

**Br. Isamar Deyanire Martínez Moran**

**Br. Suleyma Fabiola Alemán Mora**

### **ASEROR:**

**Ing. Álvaro Noguera Talavera**

**Managua, Nicaragua**

**Septiembre, 2016**

Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

## **Trabajo de graduación**

Trabajo presentado como requisito para optar al  
título de Ingeniero Forestal

**Evaluación del establecimiento de tres procedencias  
de *Moringa oleifera* Lam.(Marango) en la Finca  
Santa Rosa, Universidad Nacional Agraria**

### **AUTORES:**

Br. Isamar Deyanire Martínez Moran

Br. Suleyma Fabiola Alemán Mora

### **ASESORES:**

Ing. Álvaro Noguera Talavera

Managua, Nicaragua

Septiembre, 2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL  
AMBIENTE**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Forestal.

---

Ing. Francisco Reyes

Presidente

---

Ing. Heyddy González

Secretario

---

Vocal

Managua, Nicaragua

Septiembre, 2016

## INDICE DE CONTENIDO

Sección		Página
	DEDICATORIA	iii
	AGRADECIMIENTO	v
	INDICE DE CUADROS	vii
	INDICE DE FIGURAS	viii
	RESUMEN	ix
	ABSTRACT	x
I	INTRODUCCION	1
II	OBJETIVOS	2
2.1	Objetivo General	2
2.2	Objetivo Específicos	2
III	METODOLOGIA	3
3.1	Descripción del área en que se realizó el estudio	3
3.2	Clima	4
3.4	Suelo	4
3.5	Descripción de la especie	4
3.6	Origen y información de las procedencias evaluadas en el ensayo	5
3.6.1	Fecha del establecimiento del ensayo	6
	Diseño del ensayo	6
3.6.2	Tamaño de la muestra y periodo de evaluación	7
3.6.3	Mantenimiento del ensayo	8
3.7	Descripción de las variables silvicultura les utilizadas	8
3.7.1	Germinación	8

3.7	Sobrevivencia	8
3.8	Descripción de variables dasométricas utilizadas	10
3.8.1	Altura de la planta	10
3.8.2	Diámetro basal	10
3.9	Análisis de los datos en campo	10
3.10	Análisis de incrementos	11
IV	RESULTADOS Y DISCUCIONES	12
4.1	Porcentaje de Germinación	12
4.2	Valores de sobrevivencia	14
4.3	Condición de las plantas y su relación con la sobrevivencia	15
4.4	Incremento Medio Mensual diamétrico de las procedencias	18
4.4.1	Incremento Medio Mensual en diámetro	18
4.4.2	Incremento Medio Mensual en altura	19
V	CONCLUSIONES	22
VI	RECOMENDACIONES	23
VII	LITERATURA CITADA	24

## DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de graduación a Dios creador del universo, por ser mi guía en cada momento, agradeciéndole por prestarme la vida y haberme permitido culminar mi carrera de ingeniería forestal el cual es un gran paso en mi vida.

A mis padres **Reyna Isabel Moran Ríos y Inés Martínez Ruiz**, quienes han sido un apoyo incondicional en cada uno de los momentos de mi vida, por su amor, sus ejemplos de luchas y deseos de superación, por todo su sacrificio.

A todos mis hermanos en especial a **Karla Elisabeth Martínez Moran** por su apoyo incondicional, su comprensión y cariño por estar conmigo siempre, por su esfuerzo de lucha para que yo siempre siguiera estudiando, a **Ricardo Antonio Narváez Gutiérrez** por estar a mi lado siempre apoyándome día a día gracias.

A mi compañera de tesis **Suleyma Fabiola Alemán Mora** y amiga, por animarme a salir adelante en el transcurso de esta investigación, por su apoyo y sobre todo por estos meses de buena amistad compartida.

**Br. Isamar Deyanire Martínez Moran**

## **DEDICATORIA**

A mi padre **DIOS**

**Por darme la vida y la oportunidad de terminar mis estudios universitarios,** Por acompañarme siempre en todo momento y guardarme, por ser mí fuerza en tiempos difíciles y brindarme su amor y gracia. Por llenarme de bendiciones durante el transcurso de mi carrera supliendo cada una de las necesidades,

A mis seres queridos Por su apoyo moral y económico, por entenderme en momentos que no he podido estar con ellos, por tenderme la mano para no dejarme caer en situaciones difíciles y por seguir a mi lado en todo momento.

A todas las generaciones futuras que puedan encontrar en este trabajo una guía para afianzar sus conocimientos.

**Br. Suleyma Fabiola Alemán Mora**



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios primeramente por ser nuestro pilar, brindarme sabiduría, salud y darnos fuerza para lograr con éxito mi trabajo de graduación.

A mi asesor, ing. **Álvaro Noguera Talavera** por su tiempo, disposición, por sus conocimientos y haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Agraria, mi Alma Mater, por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A todos los docentes que estudiaron presente brindándonos sus conocimientos y metodologías durante el trascurso de la carrera de ingeniería forestal.

**Br. Isamar Deyanire Martínez Moran**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a DIOS por ser fuente suprema de sabiduría, por darme la fuerza necesaria para poder llevar a feliz término este trabajo, por la oportunidad que me otorgo en el camino para lograr terminar mi carrera.

**A mis padres José Alemán y Lesbia Mora** por ser mi ejemplo, por estar a mi lado por los cimientos tenaces de valores que colocaron en mi vida, por su apoyo incondicional, por su paciencia y comprensión que me brindaron estos años. Por la confianza que depositaron de creer que podía alcanzar mi sueño, mostrándome deseo de éxitos.

**A mis Hermanos** en especial a Tania Alemán y Merguing Alemán por su amor y cariño por cada palabra de ánimo, por ser fuentes de inspiración en la búsqueda contante de superarse.

A la Universidad Nacional Agraria Por la oportunidad de poder formarme profesionalmente y a los maestros que gracias a sus conocimientos me permitieron aprender de ellos a lo largo de mi carrera profesional

A mi tutor **Álvaro Noguera Talavera** por que día a día me guio por los caminos de sabiduría y por la dedicación que nos brindó para poder terminar este trabajo y motivarnos a seguir adelante

A mi compañera de tesis **Isamar Martínez Moran** por su dedicación a nuestro trabajo de investigación, por su amistad sincera, por la confianza brindada en cada momento difícil.

Agradezco a todos los que pusieron un granito de arena para culminar esta etapa de mi vida y que Dios los bendiga.

**Br. Suleyma Fabiola Alemán Mora**

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Información geográfica y climática de las procedencias Incluidas en ensayo de <i>M.oleifera</i> , finca Santa Rosa, UNA	5
2	Valoración de la sobrevivencia de <i>M. oleifera</i> en plantaciones	9
3	Clasificación utilizada para evaluar la condición de las plantas	10

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>		<b>Página</b>
1	Mapa de ubicación del área de estudio	3
2	Diseño de campo en ensayo de evaluación de tres procedencias de <i>M. Oleifera</i> Lam en la finca Santa Rosa, UNA.	7
3	Valores porcentuales de germinación de tres procedencias de <i>Moringa Oleifera</i> en la finca Santa Rosa-UNA.	12
4	Valores porcentuales de sobrevivencia de tres procedencias de <i>Moringa Oleifera</i> en la finca Santa Rosa-UNA.	14
5	Número de plantas por procedencia y condición de plantas	16
6	Número de plantas por mes y condición de plantas	17
7	Número de plantas sanas por mes y procedencias en la plantación	18
8	Incremento medio mensual (IMM) del diámetro basal de tres Procedencias de <i>Moringa oleifera</i> en la finca Santa Rosa-UNA.	19
9	Incremento medio mensual (IMM) en altura de tres procedencias de <i>Moringa oleifera</i> en la finca Santa Rosa-UNA	20

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la adaptación de tres procedencias de *Moringa oleifera* Lam., a fin de diversificar el material reproductivo de esta especie en sistemas agrícolas y ganaderos de Nicaragua. El estudio se llevó a cabo en la finca Santa Rosa de la Universidad Nacional Agraria, entre Febrero y Diciembre del 2014. El ensayo consistió en una plantación, con un espaciamiento de tres metros entre planta y cuatro metros entre líneas (3m x 4m), en las que fueron evaluadas tres procedencias Monte Plata, Santo Domingo, PKM1, a través de las variables germinación, altura, diámetro, sobrevivencia y condición de la planta. El porcentaje de germinación experimentado por las procedencia corresponde a un 100% para Santo Domingo y 64.7 % para Monte Plata considerando una alto grado de adaptación a las condiciones del sitio, en cuanto a la sobrevivencia las tres procedencias presentaron buena adaptación entre 63.6% y 80%. En condición de la planta y su relación con la sobrevivencia la procedencia con mayor número de plantas con defoliación severa fue PKM1; el mayor incremento mensual en diámetro y altura fue registrado por la procedencia PKM1 (2.4 mm y 13.6 cm), mediante el periodo de evaluación se demostró que existen comportamientos diferentes en las variables estudiadas en el ensayo para las tres procedencias. De acuerdo a los resultados obtenidos en crecimiento en diámetro, altura y condición de plantas se recomienda la procedencia PKM1; mientras que de acuerdo a las variables germinación, sobrevivencia, condición de plantas y crecimiento; Santo Domingo son las procedencias para promover e implementar plantaciones y establecerlas en áreas de zona seca.

Palabras claves: Adaptación, evaluación de procedencias, *Moringa oleifera* Lam

## ABSTRACT

A study carried out to evaluate the establishment of tree provenances of *Moringa oleifera* Lam., with the aim to the diversification of reproductive material in crops and livestock systems of Nicaragua. The study carried out at Santa Rosa farm, from February to December on 2014. The experiment consisted in a planting with a distance of three meters between plant and four meters between row ; being evaluated Santo Domingo, Monte Plata, and PKM1 provenances; through the variables germination, survival, height, diameter and plant health. The major percent of germination (100%) registered by Santo Domingo provenances; while Monte Plata registered 64.7 %. Considering a good indicator of adaptation. In general, the three provenance registered high adaptation to site condition suggesting by the survival percentage (63.6 and 80). The health of the plant relates with the survival show an important level of defoliation on PKM1. In addition, this provenance registered the highest values of growth (2.4 mm in collar diameter, and 13.6 cm on high). Through this study were demonstrating differences provenances relate with the variables measured. The provenances best adapted based on the collar diameter and high grown were PKM1; and according with germination and survival percentage plus plant condition and growth Santo Domingo are the provenances recommended to evaluate in others site of the dry zone of Nicaragua.

Keywords: Adaptation, provenances evaluation, *Moringa oleifera* Lam.

## I.INTRODUCCIÓN

La investigación de procedencias debe recibir mayor prioridad al iniciar cualquier programa de mejora de especies forestales debido a que cada especie vegetal se encuentra asociada a una determinada combinación de elementos (Santelices *et al.* 2009) en el proceso de adaptación.

La importancia de la investigación de procedencias radica en poder conocer las distintas variables que indican el grado de diferenciación de las procedencias; así mismo el comportamiento que se genera en cuanto al potencial genotípico y ambiental, existiendo una interacción entre las mismas. También permite generar información de las características particulares de la semilla en función de su procedencia, y la necesidad de conocer la capacidad germinativa a través del tiempo (Santelices *et al.*, 2009)

El marango (*Moringa oleifera* Lam.) Se ha extendido en diversas regiones del mundo debido a que es una planta que se destaca por sus múltiples usos y adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas, por lo que constituye una opción para la alimentación sobre todo en los países tropicales, su valor nutricional y elevados rendimientos de biomasa la hacen un recurso fito genético de importancia en los sistemas de producción pudiéndose emplear como cercas vivas, cortinas rompe viento, banco forrajero, entre otros (Pérez 2010).

El presente trabajo se justifica en una evidente necesidad a nivel de Nicaragua de diversificar el material reproductivo utilizado en sistemas productivos en los que la especie *M. oleifera* juega un rol dentro del proceso de utilización de productos y subproductos.

El presente trabajo tiene como propósito evaluar las diferencias en el establecimiento, a partir de los parámetros germinación, sobrevivencia y crecimiento de procedencias de *M. oleifera*; logrando así identificar los sitios con potencial y factores limitantes para adaptación de la procedencia que resulte con características aceptables a las condiciones biofísicas del área.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general:

Evaluar el establecimiento de tres procedencias de *M. oleifera* como estrategia para promover la diversificación de material reproductivo en zona seca

### 2.2 Objetivo específico:

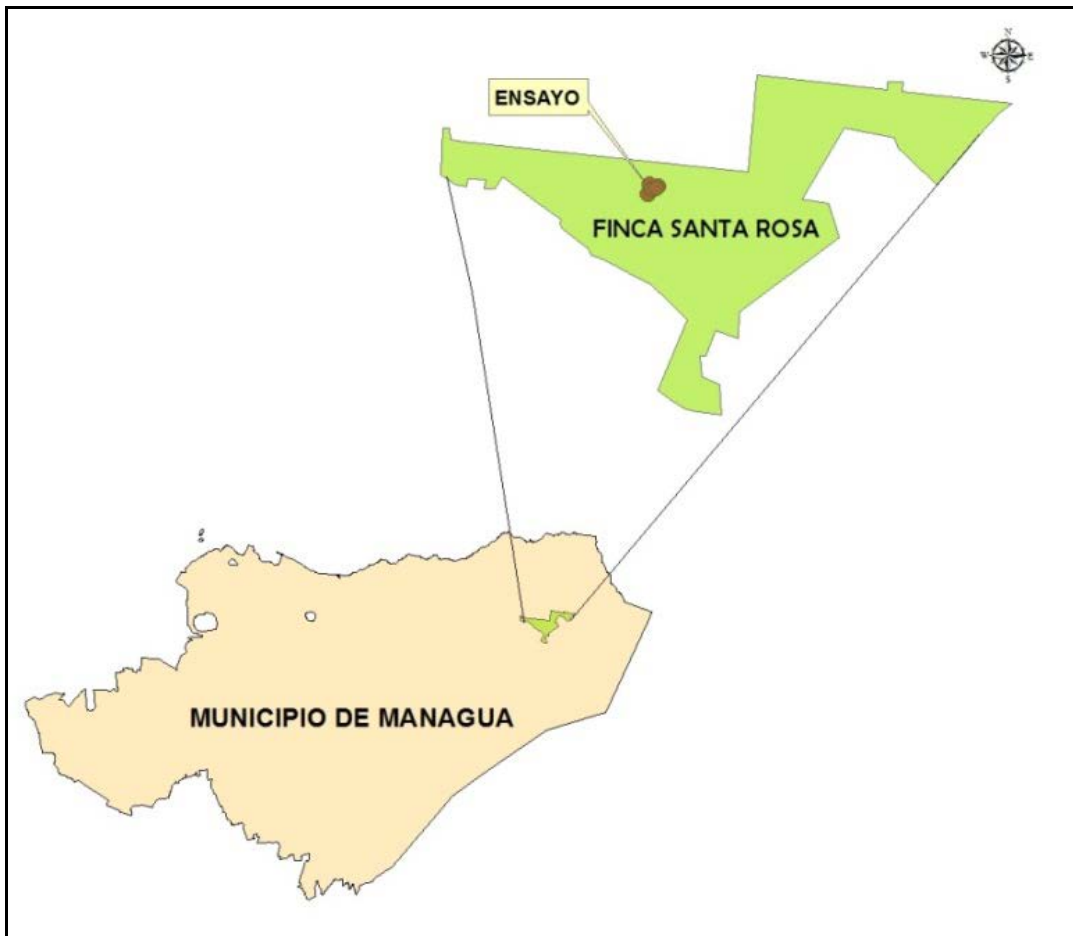
- 1- Comparar el porcentaje de germinación como indicador del establecimiento inicial de las procedencias a las condiciones de sitio.
- 2- Determinar la relación entre la condición de las plantas y el porcentaje de sobrevivencia como atributos de adaptación.
- 3- Evaluar el crecimiento inicial en diámetro basal y altura de las procedencias evaluadas.



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Descripción del área en que se realizó estudio

El estudio se desarrolló en la Finca Santa Rosa, que corresponde a una unidad de experimentación y validación propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA) ubicada en la comarca Sabana Grande, municipio de Managua. La finca está localizada geográficamente entre las coordenadas 12°08' 15" de latitud norte y 86°09' 36" de longitud oeste, a una elevación de 56 msnm (Rivera y Centeno, 2014)



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio

### **3.2 Clima**

El área corresponde a la zona de vida ecológica Bosque Tropical Seco. La zona presenta una época seca bien marcada entre los meses de Noviembre a Abril y una temporada lluviosa entre Mayo y Octubre. La precipitación media anual en la finca es de 1014.8mm, con un rango entre 1,000 y 1,200 mm; con temperatura media anual de 27.5°C y humedad relativa anual de 71.9% (Rivera y Centeno 2014); condiciones climáticas que según Reyes (2006) y García (2003) están dentro del rango de distribución para la reproducción de moringa.

### **3.3 Suelo**

Los suelos se caracterizan por ser franco arcilloso, con textura moderadamente fina, presentan un 39.8% de arcilla, 24% de limo y 36.2% de arena; se caracterizan por tener un buen drenaje y un pH de 5.3 clasificado como suelos fuertemente ácidos (Espinoza y Sevilla 2010); siendo según Palada y Chang, (2003) condiciones de suelo aptas para el establecimiento de moringa por estar dentro del rango de características de su distribución.

### **3.4 Descripción de la especie**

La especie *M. oleifera* es un árbol siempre verde originario del sur del Himalaya, en América Central fue introducido como planta ornamental y como cerca viva. La altura varía entre 7 a 12 metros, y el diámetro de 20 a 40 centímetros, con una copa abierta tipo paraguas y fuste recto, sus hojas son compuestas y están dispuestas en grupos de folíolos con 5 pares de estos acomodados sobre el peciolo principal y un folíolo en la parte terminal, las hojas son alternas tripinadas, con una longitud de 30 a 70 cm (Foidl *et al.* 2003).

Las flores son bisexuales con pétalos blancos y estambres amarillos, sus frutos son capsulas de color pardo lineales y de tres lados con surcos longitudinales de 20 a 45 cm de largo aunque a veces de 120cm y de 2 a 2.5 cm de ancho (Falasca y Bernabé 2008).

### 3.5 Origen e información de las procedencias evaluadas en el ensayo

En este tipo de estudio hipotéticamente se asume que la distancia entre las localidades en que se originan las procedencias determina diferencias ambientales propias de cada lugar y que influyen en el establecimiento y adaptabilidad del material reproductivo (semillas y estacas o pseudoestacas) utilizados en la evaluación de las mejores procedencias y (Silva-Herrera, 2008).

El material incluido en el estudio corresponde a semilla de tres procedencias, dos procedencias cuyo origen es República Dominicana, siendo las localidades en donde se obtuvo el material Monte Plata y Santo Domingo. La tercera procedencia PKM1 es una variedad mejorada genéticamente en el carácter tamaño de frutos y fue introducida en 1996 por el Instituto Nicaragüense de Investigación Agropecuaria (INTA), por lo que la semilla fue obtenida en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA)-Managua.

**Cuadro 1.** Información geográfica y climática de las zonas de origen de las procedencias incluidas en ensayo de *M. oleifera*, Finca Santa Rosa, UNA.

Procedencias	Ubicación geográfica		Altitud (m.s.n.m)	Temperatura °C	Precipitación mm/año	Zona de Vida
Monte Plata-Republican Dominicana	18°48'N	69° 47'W	NR	13-23	Min. 60	Clima monzónico
Santo Domingo-Republica Dominicana	18°33'N	69° 54'W	NR	26.1	1500	Tropical húmedo de Sabana
PKM1-INTA, Nicaragua	12° 09'N	86° 10'W	54	27.5	1014.8	Bosque tropical seco

**NR:** No registrada

Recientemente ha sido desarrollada en La India una variedad arbustiva y anual de *M.oleifera* conocida como PKM1, esta variedad es de alta producción y cultivo intenso empieza a producir frutos en seis meses y produce más de 300 frutos (silicuas) por plantas, esta variedad posee la ventaja de ser anual, la incidencia de enfermedades y plagas es menor (Josuah 2009).

### **3.6 Fecha de establecimiento del ensayo**

El ensayo fue establecido en el mes febrero del 2014. Las actividades realizadas previas al establecimiento del ensayo fueron:

Selección del área de ubicación de las parcelas

El área de establecimiento fue seleccionada después de realizar una visita, para evaluar las condiciones del terreno, tomando en cuenta algunos criterios como: área disponible, fácil acceso, agua disponible en tiempo de verano y protegido de daños del ganado.

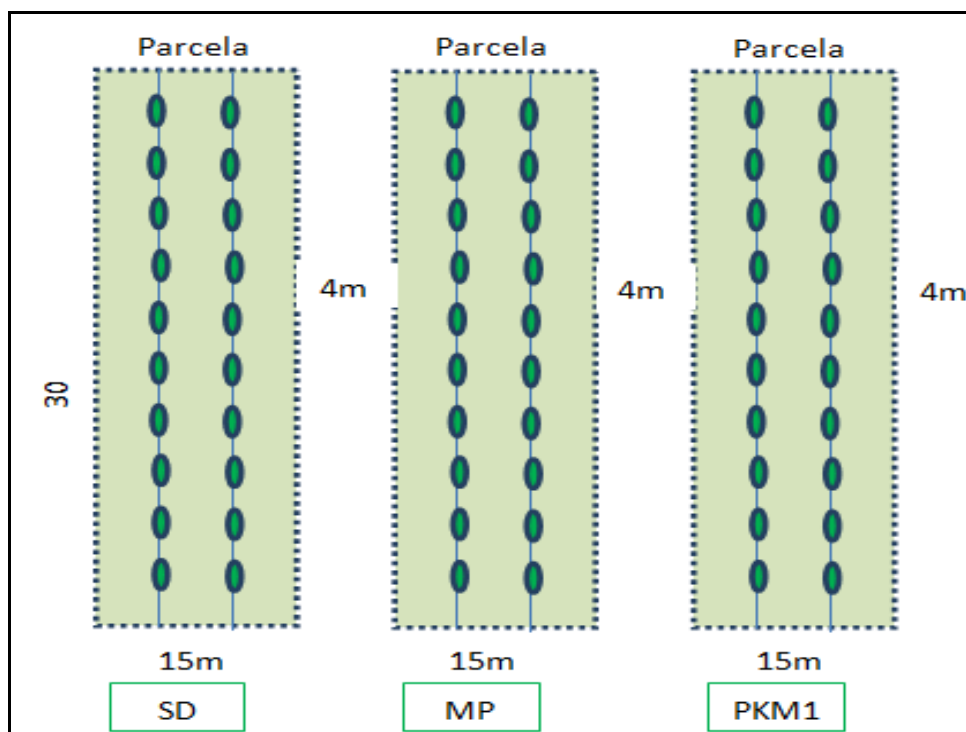
Preparación del terreno consistió en la realización de una limpieza o chapia con desbrozadora para eliminar malezas; mientras el ahoyado para la siembra directa de la semilla fue realizado manualmente con coba.

#### **3.6.1 Diseño del ensayo**

El ensayo consistió en una plantación con espaciamiento de tres metros entre planta, y cuatro metros entre línea (3m x 4m); no considerándose efecto de borde por la poca semilla con que se contaba y por tanto pocas plantas muestra. La siembra se realizó de forma manual mediante el método de siembra directa, depositando una a dos semillas por hoyo, según la disponibilidad de la misma.

### 3.6.2 Tamaño de la muestra y periodo de evaluación

Para el levantamiento de la información de cada procedencia se tomaron datos de tres parcelas con dimensiones de 15mx30m (450m<sup>2</sup>) y un distanciamiento entre parcelas de cuatro metros (figura 2). El diseño de la plantación se definió a partir de criterios como el área disponible y el número de semillas por procedencias con que se contaba; distribuyendo así dos filas correspondientes a cada procedencia.



**Figura 2.** Diseño de campo en ensayo de evaluación de tres procedencias de *M. oleifera* en la Finca Santa Rosa, UNA.

El levantamiento de datos se dio en el periodo comprendido entre los meses de febrero y diciembre del 2014. Las mediciones se realizaron con una frecuencia quincenal, iniciando el 21 de febrero del 2014 hasta 4 de abril del mismo año, para luego distanciarse a mediciones mensuales desde el 8 de mayo a diciembre.

### **3.6.3 Mantenimiento del ensayo**

Durante el período de evaluación del ensayo se realizaron actividades de mantenimiento que consistieron en la eliminación de hierbas y malezas presentes en las parcelas, esto para disminuir la competencia e incidencia de defoliadores como larvas de insectos, grillos, entre otros; y permitir un mejor crecimiento de las plantas.

Se realizó un total de tres chapias según se observaba el crecimiento de las malezas y la potencial competencia con las plantas de marango, además de la observación de daños por defoliadores a las plantas. Se realizó además, riego 2 veces a la semana (de acuerdo a la disponibilidad existente para el proyecto MARANGO) los primeros tres meses; y control de defoliadores dos aplicaciones de cipermetrina 60 con una concentración de 25 ml por galón de agua según la incidencia de defoliadores cada vez que se realizaban mediciones de las variables.

### **3.7 Descripción de variables utilizadas y procedimiento de cálculos**

#### **3.7.1 Germinación**

Vásquez (2001) define la germinación como la reanudación (activación) del crecimiento del embrión, que culmina cuando aparece la radícula al exterior de la cubierta seminal. El porcentaje de germinación se determinó de la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de germinación: } \frac{\text{Numero de semillas germinadas}}{\text{Numero de semillas sembradas}} \times 100$$

#### **3.7.2 Sobrevivencia**

Es la estimación de la proporción plantas vivas, expresado en porcentaje durante un tiempo determinado (MARENA 1995). El porcentaje de sobrevivencia se determinó a partir de la siguiente fórmula tomada de Toral *et al.*, (2013):

$$\text{Porcentaje de sobrevivencia} = \text{PVF/PVI} * 100$$

Dónde:

PVI: Es el número de plantas vivas al inicio del ensayo

PVF: Numero de plantas vivas al final del ensayo

Los valores de sobrevivencia fueron clasificados considerando los siguientes elementos:

La presente clasificación de los porcentajes de sobrevivencia de moringa se deriva de la revisión de información generada por los siguientes autores: Toral *et al.*, (2006), García *et al.*, (2009), Patricio *et al.*, (2012), Toral *et al.*, (2012), Pascua, (2014), Narváez, (2014), considerando los valores de sobrevivencia en periodos que van desde 1.5 hasta 53 meses; registrándose en la mayoría de los reportes porcentajes de sobrevivencia entre 80 y 100% y correspondiendo dichos valores a condiciones con baja y/o déficit de precipitación. Así mismo, el rango considerado como Buena sobrevivencia (80 a 100%) es coherente con los porcentajes establecidos por proyectos de inversión de plantaciones forestales como POSAF; que tradicionalmente proyectan como establecimiento exitoso un mínimo de 80%, asumiendo entre los riesgos por clima y otros factores una pérdida del 20% de las plantas.

**Cuadro 2.** Valoración de la sobrevivencia de *M. oleifera* en plantaciones. (Noguera-Talavera *et al.*, np).

Porcentaje de sobrevivencia	Clasificación cualitativa
80 a 100	Buena
60 a 79	Regular
< 60	Baja

### 3.8 Descripción de Variables dasométricas:

**3.8.1 Altura de planta:** Corresponde a la longitud desde la base o inicio del tallo, hasta el ápice o ramas superiores, y se midió con una regla graduada expresada en centímetros (Pérez *et al.*, 2011). Las mediciones se realizaron con una frecuencia quincenal, iniciando en febrero del 2014.

**3.8.2 Diámetro basal:** El diámetro es uno de los parámetros que generalmente se mide de forma directa y es básico para describir la planta, el diámetro está relacionado con la edad, aparte de indicar el crecimiento, también es una variable para calcular el área basal o biomasa como parámetro indicador del potencial productivo de forraje, madera, semilla u otro producto (Pérez *et al.* 2011).

### 3.9 Análisis de los datos en campo

Para el análisis de la información se tomó en cuenta los datos obtenidos en el Campo, se evaluaron variables cuantitativas Sobrevivencia, germinación, altura, diámetro basal, variable cualitativa (Condición de cada procedencia; es decir afectaciones por insectos defoliadores), la condición se determinó a través de observaciones directas.

**Cuadro 3.** Clasificación utilizada para evaluar la condición de las plantas. Modificada de Fettig *et al.*, (2001).

Clases de defoliación	Apariencia del área foliar de la planta	Defoliación %
Sin daños (0)	Planta con corona completa, sin evidencia de defoliación	<1%
leve (1)	No existe cambio visible en el área foliar.	1-10%
Ligera (2)	Ligera defoliación en la parte superior de la corona.	20-40%
Moderada a alta (3)	Amarillo a ligeramente café y ausencia de 3/4 del área foliar	50-70%
Severa (4)	Corona completamente grisácea, parte superior muerta o planta muerta, ausencia completa o casi completa de la corona	70-100%



### 3.10 Análisis de incrementos

El análisis de los datos consistió en el cálculo de los valores de incremento tanto en altura como en diámetro. Para el cálculo de los incrementos medios en altura y diámetro basal por cada una de las procedencias de *M. oleifera* se utilizaron las siguientes formulas:

Incremento Medio Mensual en altura.

**IMMa**= Altura al final de la evaluación/Tiempo (10meses)

Incremento Medio Mensual en diámetro basal.

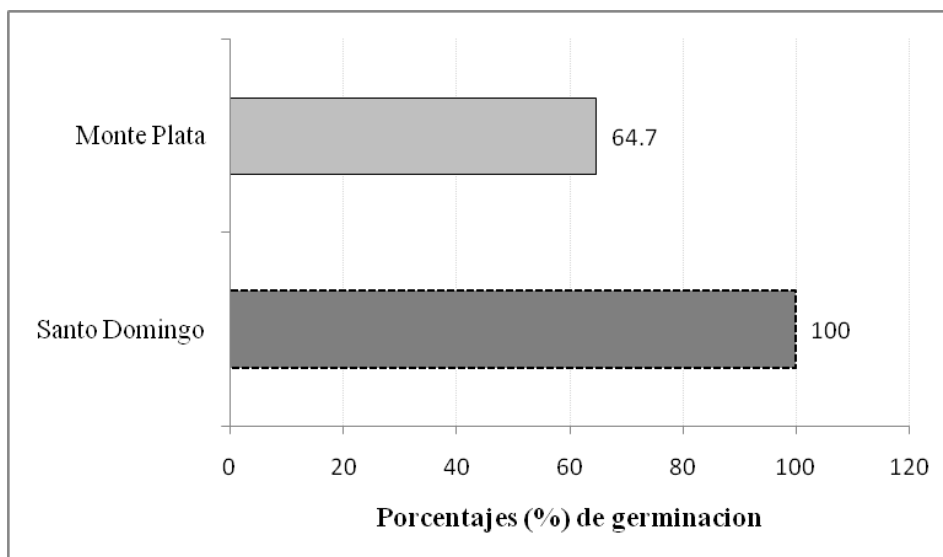
**IMMd**= Diámetro al final de la evaluación/Tiempo (10 meses)

En cuanto a los incrementos tanto en diámetro como en altura, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANDEVA), y prueba de separación de medias a través de Tukey, lo que permitió determinar diferencias estadísticas entre procedencias en relación a estas variables.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Porcentaje de germinación por procedencia evaluada

Al evaluar las procedencias con base en la germinación, se obtuvo que Santo Domingo registró los valores más altos (100%), lo cual indica que para esta procedencia experimentó un buen establecimiento inicial a las condiciones del sitio no considerándose las características climáticas limitantes para que la germinación se diera durante el periodo establecido en el ensayo, indicando que la procedencia Santo Domingo presenta una mayor energía de germinación. Al respecto Bezerra *et al.* (2004), demostraron que aun con semillas viables, el potencial hídrico del suelo puede convertirse en un factor limitante para la germinación cuando la siembra se da directamente en el suelo. Para la procedencia PKM1 su porcentaje de germinación no se registró ya que solo se tomó como testigo debido a que para esta procedencia ya se conoce en otro estudio su porcentaje de germinación reportado por Pascua (2014) fue de 100%.



**Figura 3.** Valores porcentuales de germinación de tres procedencias de *Moringa oleifera* en la finca Santa Rosa-UNA.

Los valores de germinación sugieren que las semillas poseían características favorables de una buena semilla para su germinación, como por ejemplo libre de hongos, vigor, y principalmente viabilidad; factor que posiblemente influyó de manera negativa en la

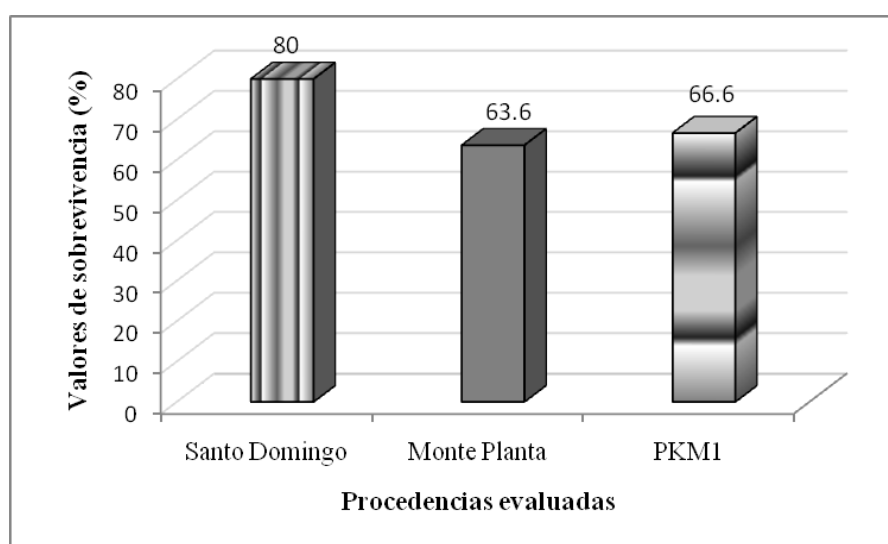
germinación de la procedencia Monte Plata, sugiriéndose la viabilidad como factor incidente al no conocerse su tiempo de cosecha o almacenamiento, sustento de esta afirmación lo expuesto Croess y Villalobos (2008), así como Sharma y Raina *et al.* (1982); citados por Nouman *et al.* (2012) quienes concluyen que la semilla *M. oleifera* disminuye en su poder germinativo cuando se almacena por más de dos meses; por el contrario, Jahn *et al.* (1986); citado por Nouman *et al.* (2012) han encontrado que la germinación es rápida, si se emplea semillas nuevas, aspectos que pueden justificar el bajo porcentaje de germinación en la procedencia Monte plata.

Por otra parte se debe tener en cuenta que existen especies que manifiestan un alto grado de adaptación de especificidad desde el momento mismo de la germinación; y tienen la capacidad de adaptarse a ambientes particulares, debido a que aprovechan bien su metabolismo y las sustancias de reserva las invierten en mantener su funcionamiento.

En relación a este parámetro Toral *et al.* (2013) registró valores distintos entre ocho procedencias evaluadas, mencionando como causas que influyeron en dicha diferencias las siguientes, el tiempo de almacenamiento del material reproductivo ya que la semilla utilizada se sembraron 3 meses después de su cosecha. Otro trabajo realizado por Pascua, (2014) reportó valores porcentuales de germinación entre 27% y 100% asociando las diferencias entre los valores de porcentaje bajo a la edad de las semillas y a la baja tolerancia a las condiciones en que se estableció el ensayo. Estudio realizado por Medina *et al.* (2007) reporta alto porcentaje de germinación (100%); demostrando así la capacidad que posee dicha especie para su germinación al momento de usar semillas recién cosechadas.

## 4.2 Valores de sobrevivencia de las procedencias evaluadas

En la figura 4 se puede observar los valores de sobrevivencia por procedencia, los que muestran que Santo Domingo presentó el mayor porcentaje con 80%; es decir una buena sobrevivencia, sugiriendo así que esta respondió positivamente a las condiciones del sitio las cuales son favorables para que esta procedencia se estableciera de manera efectiva, aun cuando la precipitación es diferente al sitio de origen; mientras la temperatura entre sitios es similar.



**Figura 4.** Valores porcentuales de sobrevivencia de tres procedencias de *Moringa oleifera* en la finca Santa Rosa-UNA.

Por el contrario, las procedencias Monte plata y PKM1 obtuvieron porcentajes bajos de sobrevivencia con valores de 63.6% y 66.6% respectivamente, los que según la clasificación utilizada son regular; es decir se establecieron en menor proporción a la procedencia Santo Domingo. Estos porcentajes pueden ser analizados desde diferentes puntos de vista. Por un lado, una sobrevivencia menor al 80% indica baja adaptación posiblemente por las diferencias ambientales entre la zona de origen y el sitio de plantación; y por otro lado, el déficit de precipitaciones (3.1, y 0 mm en febrero, marzo y abril respectivamente de la época seca (INETER, 2015) durante una parte del ensayo; aun cuando se aplicó riego los dos primeros meses. Por otro lado, perdidas menores de

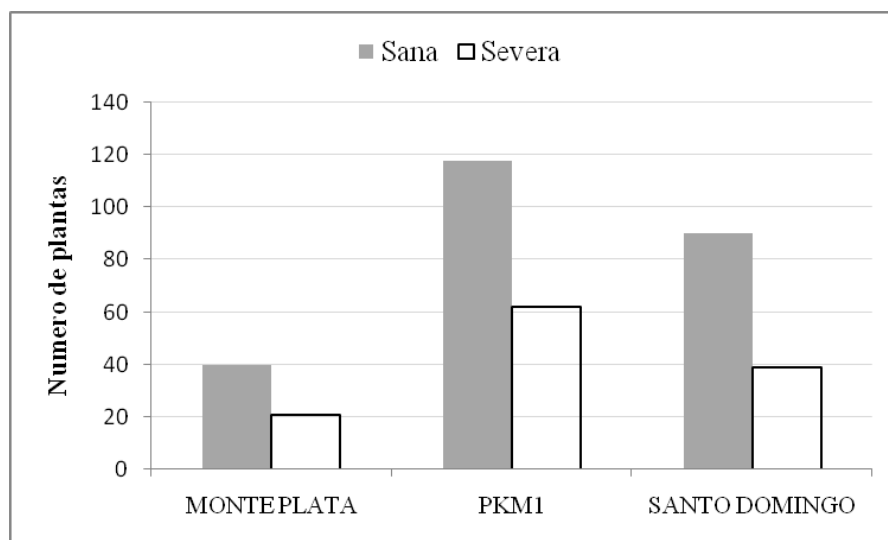
40% se pueden interpretar como un notable grado de adaptación de las tres procedencias; aún bajo condiciones desfavorables.

Estudios realizados con la misma especie reportan valores de sobrevivencia superiores; siendo un ejemplo el estudio de Moreno (2008) quien obtuvo una sobrevivencia de 100% en los primeros siete meses de evaluación y 98% al final del estudio (12 meses); identificándose como factor clave de éxito de la adaptación, las precipitaciones regulares en el área del ensayo.

Para el caso de la procedencia PKM1, Toral *et al.*, (2013) reporta porcentaje de sobrevivencia de 100%; lo que sugiere que las condiciones predominantes en el sitio del actual de trabajo tuvieron influencia en el establecimiento asociado a la sobrevivencia. Otra causa que incidió en la sobrevivencia de las procedencias Monte plata y PKM1 fue la defoliación de las plantas, aspecto que es abordado en la siguiente sección.

#### **4.3 Condición de las plantas y su relación con la sobrevivencia**

De acuerdo a los resultados obtenidos, las procedencias Santo Domingo, PKM1 y Monte Plata presentaron plantas con defoliación severa durante el periodo de evaluación. La procedencia con el mayor número de plantas con defoliación severa fue PKM1 (figura 5); sin embargo, también mostró el mayor número de plantas sanas, entre las tres procedencias, lo que indica que el daño a las plantas de esta procedencia se concentro uno de los periodos del ensayo; y el tiempo restante las plantas no fueron defoliadas.

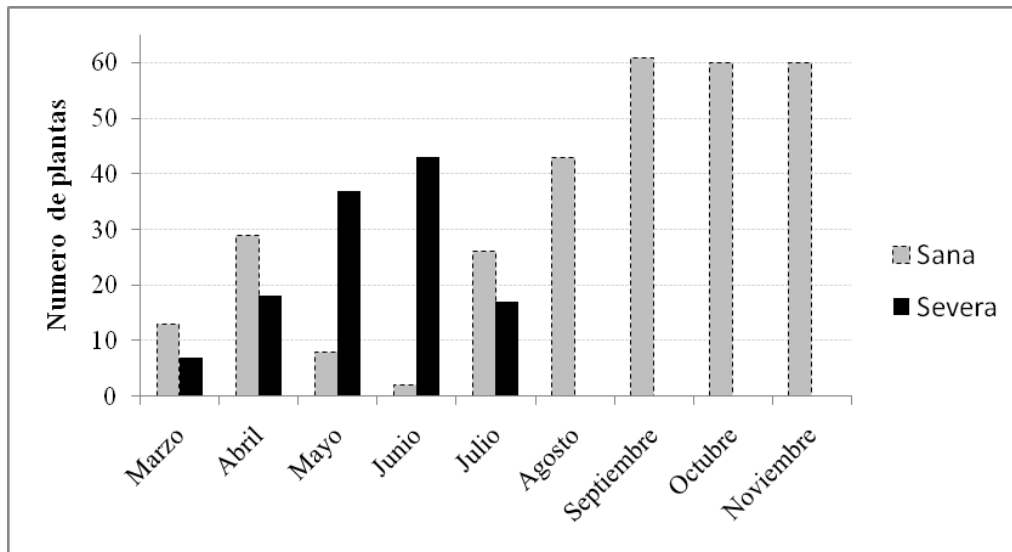


**Figura 5.** Número de plantas por procedencia y condición de la plantas

La alta severidad de defoliación en las procedencias PKM1 y Monte Planta influyó negativamente en los porcentajes de sobrevivencia presentados en la figura 4; al respecto un estudio realizado por Martínez y Ramírez (2014) reportan que el herbivorismo o alta frecuencia y severidad de defoliación en las plantas en sus etapas iniciales de establecimiento limita tanto el crecimiento como la sobrevivencia. Específicamente, estos autores identificaron el ataque por gusano desfoliador (Lepidóptera), grillos (Gryllidae) y hormigas (formicidae) en el periodo de formación de nuevos rebrotes y hojas tiernas de esta especie. De la misma forma Toral e Iglesias, (2012) mencionan que aun con afectaciones entre 1% y 10% de la corona o follaje de las plantas jóvenes se dan cuantiosas pérdidas de la biomasa, tanto en términos cuantitativos como cualitativos.

Los resultados alcanzados entre los meses de marzo a junio muestran cambios en el número de plantas por procedencias asociada al grado de defoliación y plantas sanas (figura 6), encontrándose un incremento progresivo en el número de plantas con defoliación severa; a partir del mes de julio fue evidente una disminución en el número de plantas con defoliación severa, posiblemente asociado a la disminución del efecto de los defoliadores como producto que para esa época se dan lluvias e incrementa el

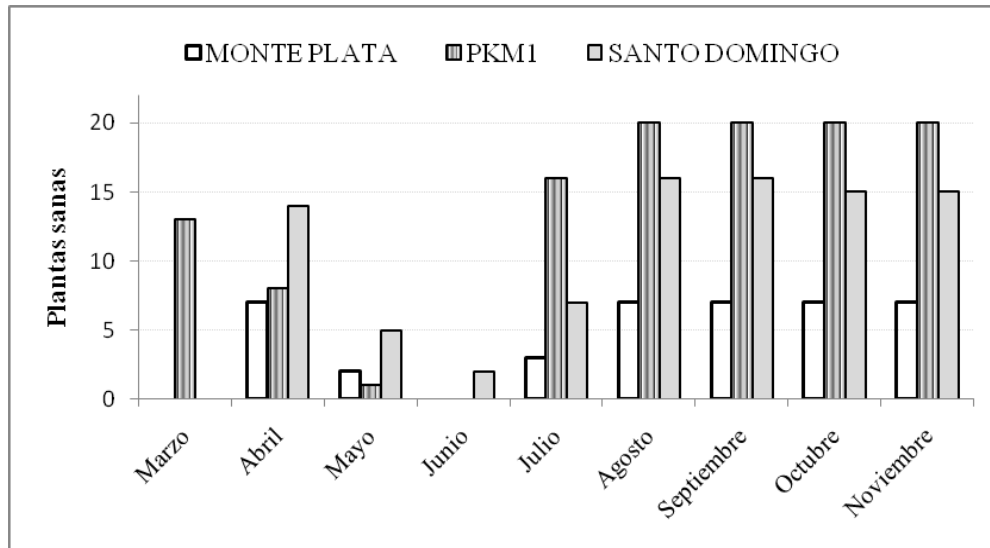
número de hiervas de las que se alimentan los defoliadores, dándose menos presión sobre marango.



**Figura 6.** Número de plantas por mes y condición de las plantas

Según estudio realizado por Herrera y Lanuza (2000); y Toral e Iglesias, (2012) las plantas en su estado inicial de establecimiento (posterior a la germinación) son comúnmente afectadas por larvas de lepidóptera (gusano defoliador *Spodoptera spp*) y zompopo (*Atta spp.*), las que son predominantes ya que atacan los brotes y hojas tiernas de esta especie; hasta el punto de comprometer tanto la sobrevivencia y limitar el crecimiento de las mismas.

En cuanto al número de plantas sanas por mes y condición de las plantas (figura 7), se puede mencionar que durante el periodo seco (marzo a junio, en vista que en 2014 se dio una prolongación del periodo seco por efecto del fenómeno del niño) se registró menos plantas sanas para las tres procedencias, en comparación a los meses en donde se registró lluvias (julio a noviembre).



**Figura 7.** Número de plantas sanas por mes y procedencias en la plantación

En general, para el periodo seco mencionado en el párrafo anterior se encontró que las procedencias PKM1, y Santo Domingo fueron las menos afectadas por defoliadores. Al hacer la identificación por mes, se puede observar que en marzo solamente PKM1 presentó plantas sanas; mientras en junio solamente lo fue Santo Domingo.

Los valores de plantas sanas para el periodo lluvioso (julio a noviembre) fueron mayores que en el periodo seco; mientras que por procedencias los valores también dan mayor ventajas a las PKM1 y Santo Domingo.

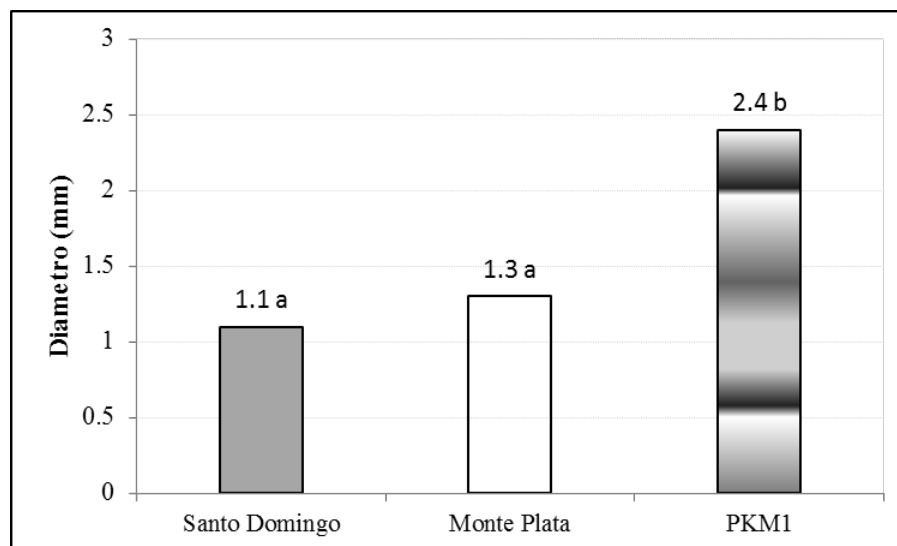
#### **4.4 Incremento Mensual diamétrico de las procedencias**

##### **4.4.1 Incremento medio mensual diamétrico**

En los resultados obtenidos se da a conocer que existe comportamiento diferente para cada una de las procedencias, encontrándose diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ) entre Santo Domingo y Monte Plata en comparación al incremento de PKM1. Según Sotolongo y Gadea, (2000) la zona de vida o el origen de las procedencias de una misma especie pueden conducir a diferencias de crecimiento, morfología y salud de la especie.



El mayor incremento medio mensual entre las procedencias evaluadas fue el registrado por PKM1; mientras Monte Plata y Santo Domingo experimentaron valores similares (figura 8).



**Valores medios con la misma letra significa que no existen diferencias estadísticas.**

**Figura 8.** Incremento medio mensual (IMM) del diámetro basal de tres procedencias de *Moringa oleifera* en la finca Santa Rosa-UNA.

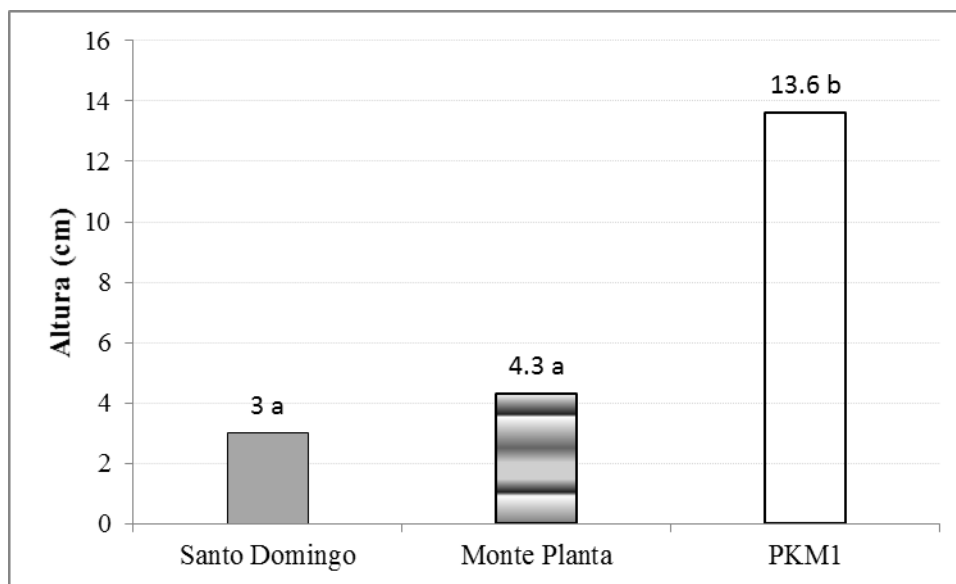
En relación al incremento medio mensual diamétrico de la procedencia PKM1 Pascua, (2014), reporta un valor menor (0.13 mm/mes) en comparación al obtenido en este trabajo; lo que indica que una alta adaptación de esta procedencia, por su mayor incremento diamétrico. Por otro lado, Toral *et al.*, (2013) reporta valores mayores de incremento en diámetro (2.9 mm/mes), lo que refuerza el grado de adaptación experimentado.

De acuerdo con Toral e Iglesias, (2012) las procedencia con un buen crecimiento en diámetro basal y altura durante la fase de establecimiento, se caracterizan por tener una alta efectividad en la manera de adaptarse al sitio.

#### **4.4.2 Incremento Medio Mensual en altura de *M. oleifera* Lam**

De acuerdo a los resultados obtenidos, el incremento medio mensual (IMM) en altura de las tres procedencias no se obtuvieron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre Santo Domingo y Monte Plata, encontrando que la procedencia PKM1 (13.6 cm/mes) presentó

las mayores alturas al final de periodo de evaluación; y por tanto diferencia altamente significativa ( $p=0.0001$ ) en relación a los otras dos.



Valores medios con la misma letra significa que no existen diferencias estadísticas.

**Figura 9.** Incremento medio mensual (IMM) en altura de tres procedencias de *Moringa oleifera* en la finca Santa Rosa-UNA.

En relación al alto incremento registrado por la procedencia PKM1, se reconoce que moringa desde el inicio de su crecimiento experimenta una tendencia acelerada debido a que desarrolla un sistema radical muy profundo, el cual hace un mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y del agua disponible (Medina *et al.*, 2007). De esta manera, las procedencias que presentan un buen comportamiento durante su crecimiento en altura se caracterizan por tener una alta efectividad de adaptación al sitio.

Según Toral e Iglesias, (2012) en un estudio de accesiones de moringa, estas alcanzaron su establecimiento con valores de altura superiores a 2.11 m entre los 7 y 14 meses, según estos autores, el estudio de las diferencias en altura entre material reproductivo durante el establecimiento y su caracterización representan de hecho, una vía eficaz para conocer las posibles diferencias o similitudes existentes entre ellas.

Los bajos incrementos mensual en altura registrados por las procedencias Santo Domingo y Monte plata puede deberse a la principal plaga que perjudicó las plantas fue zompopo (*Atta. spp*), que provocó en algunos casos la defoliación total de la planta. Alfaro y Martínez (2008) quienes evaluaron a esta especie reportan que el Zompopo (*Atta. spp*) es una de las principales plagas que afectan al marango, a pesar de esto las plantas demostraron tolerancia, principalmente la procedencia Santo Domingo.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo al porcentaje de germinación experimentado por las procedencias evaluadas que corresponden a 100% Santo Domingo, y 64.7% para Monte Planta, se concluye que estas demostraron tolerancia a las condiciones del sitio durante el periodo de germinación como indicador del establecimiento inicial.

Las tres procedencias presentaron un buen establecimiento considerando los porcentajes de sobrevivencia registrada (entre 63.6 y 80%); sin embargo, Santo Domingo fue la procedencia que mas rápido se recuperó a la continua afectación por defoliadores y a la época seca como factores limitantes; por lo que es la procedencia mas adaptada.

Con base en el incremento mensual en diámetro y altura, la procedencia mejor adaptada fue PKM1 (2.4 mm y 13.6 cm); mientras las procedencias Santo Domingo y Monte Plata registraron valores similares como producto del origen de las mismas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Los productores que incluyan la especie marango dentro de sus sistemas productivos deben considerar la necesidad de ejercer un continuo control de defoliadores durante los periodos en que la planta puede ser afectada, como por ejemplo, posterior a la germinación y los primeros meses de crecimiento.

Se recomienda las procedencias PKM1 y Santo Domingo para promover e implementar plantaciones y establecerla en áreas de zona seca.

Repetir estos ensayos en ambientes similares y diferentes para conocer el potencial de establecimiento de grado de adaptación de las procedencias en relación al ambiente.

## VII. LITERATURA CITADA

- Alfaro, NC; Martínez, W. 2008.** Uso potencial de Marango (*Moringa oleifera Lam*) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados. Informe de proyecto. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, Ciudad de Guatemala, Guatemala. 31p. (En línea). Consultado el 20 de abril 2015. Disponible en línea. <http://umoar.edu.sv/biblio/biblio/agricultura/plantas/teberinto-moringa.pdf>
- Bezerra AME, Momente VG, Medeiros, Filho S. 2004.** Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera Lam.*) em função do peso da semente e do tipo de substrato. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.295-299
- Croess, R., Villalobos, N. 2008.** Caracterización en cuanto a edad y altura de corte del Moringa (*Moringa oleifera*) como uso potencial en la alimentación animal. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. Trabajo especial de grado para optar al Título de Técnico Superior Universitario en Ciencias Agropecuarias. Mención Agropecuaria. Maracaibo. [En línea]. [http://www.moringa.es/pageID\\_7271377.html](http://www.moringa.es/pageID_7271377.html). [Consultado en junio de 2015]
- Espinoza, J; Sevilla, S. 2010.** Efecto de la densidad de siembra y nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de Moringa oleífera en suelo franco arcilloso, Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua. Tesis. Ing. Zootecnia. Managua, NI, UNA. 45 p
- Falasca, S; Bernabé, M. 2008.** Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de Moringa oleífera en Argentina. Buen aire, AR. Revista Virtual REDESMA. P: 16. [En línea]. <http://revistavirtual.redesma.org/vol3/pdf/investigacion/Moringa.pdf>. [Consultado en junio de 2015]
- Fettig, Ch. J.; Fidgen, J.; McClellan, Q.; Salom, S. 2001.** Sampling methods for forest and shade tree insects of North America. Forest Health Technology Enterprise Team. Morgan town, West Virginia, 246p.
- Foidl, N, Mayorga. L y Casquez, W. 2003.** conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción de animal en Latinoamérica.”
- García, M, 2003.** Producción de semillas forestales de especies forrajeras en fatizados en sistemas silvopastoriles. INAFOR. 37p.[Consultado en junio de 2015] [En línea]. <http://www.inafor.gob.ni/index.php/publicaciones>
- Herrera, Z.; Lanuza, B. 2000.** Especies para reforestación en Nicaragua. ED. H. Managua, NI. 185p8. (En línea).consultado 20 abril.2014.Disponible en línea [http://www.magfor.gob.ni/descargas/estudios/Gu%C3%ADa%20de%20Especies%20Fo](http://www.magfor.gob.ni/descargas/estudios/Gu%C3%ADa%20de%20Especies%20Forestales.pdf)  
[restales.pdf](http://www.magfor.gob.ni/descargas/estudios/Gu%C3%ADa%20de%20Especies%20Fo)

- Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER).** 2015. Informe climático anual. 2 pp.
- Josuah.2009.** Fuentes De Permacultura (en línea). Consultado 28 enero 2016. Disponible. [http. // www. Foro. Fuente de permacultura.Org/ index. Php? topic: 866.0](http://www.Foro.Fuente de permacultura.Org/index.Php? topic: 866.0)
- MARENA (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, NI).** 1995. Especies para reforestación en Nicaragua. Managua, NI, HISPAMER. 185 p.
- Martínez M.; Ramírez S.** 2014. Insectos presentes en *Morus alba* L. Y *Moringa Oleifera* Lamark. Protección vegetal.29. 52 – 56. Disponible en línea.
- Medina, M.; García, D., Clavero, T., Iglesias, J.** 2007. Estudio comparativo de *Moringaoleífera* y *Leucaenaleucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical.* 25 (2): 83
- Moreno.2008.** Evaluación de la producción de forraje de *Cnidioscolusaconitifolium* (Mill) L. M. Johnst, *Moringa oleífera* (Lam) y *Leucaenaleucocephala*(Lam) de Wit, para banco proteico en Pacora, San Francisco Libre, Nicaragua: La Calera. 9:54-59.
- Narváez Urbina, O. J.** 2014. Establecimiento y manejo inicial en plantaciones de Marango (*Moringa oleífera*, Lam.) en dos unidades productivas de la Universidad Nacional Agraria. Tesis Ing. Universidad Nacional Agraria, UNA. Managua, NI. 48 Pág.
- Noguera, T. A. Reyes, S. N. Mendieta, A. B.** No publicado. Agronomy of productive systems of *Moringa oleífera* Lam., in Nicaragua. Reporte de Investigacion. Proyecto MARANGO. 8 pp.
- Nouman, W; Siddiqui, M., Basra, S., Afzal, I; Rehman, H.** 2012. Enhancement of emergence potential and stand establishment of *Moringa oleífera* Lam. Byseedpriming. Turkey Journal Agricultural and Forest. No. 36. Pág. 227-235.
- Palada, M., Chang, L.**2003 Suggested cultural practices for moringa. Asian Vegetable Research and Development Center. 6 p.
- Pascua, K., 2014. Ensayos de cuatro procedencias de Marango (*Moringa oleífera* Lam.)** Tesis. Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria, facultad de Recursos Naturales. Managua, Nicaragua. 44 p
- Patricio, H. G., Palada, M. C., Ebert, A. W.** 2012. Adaptability and horticultural characterization of *Moringa* accessions under Central Philippines conditions. College of Agriculture, Resources and Environmental Sciences Central Philippine University. Iliolo City, PH. Seavege regional symposium.61 – 70 Pág.
- Pérez, A, Sanchez, T.** 2010. Características y potencialidades de *Moringa Oleífera*, Lamrk Una alternativa para la alimentación animal. Revista pasto y forraje vol 33 No 4.2010 p 16.

- Pérez, E. 2011.** Caracterización agronómica y nutricional de *Moringa oleífera* para la alimentación de bovinos en desarrollo. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 62 p.
- Reyes, N. 2006.** *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: potential fodders pecies for ruminants in Nicaragua. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management Uppsala. Doctoral thesis Swedishn University of Agricultural Sciences Uppsala. [En línea] Accessed June 2015.
- Rivera, D, Centeno, A. 2014.** Evaluación del establecimiento de moringa de oleífera Lam. (Marango) en un sistemas de cercas vivas en la finca santa rosa. Tesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 38p.
- Sánchez, Buitrago. J.A; Silva Herrera. L.J. 2008.** Estudio silvicultural de la especie *sapindus saponaria* L. (Jaboncillo) como base para su aprovechamiento Silvoindustrial. Revista colombiana forestal Vol. 11. P.71-81.
- Santelices, R. Navarro, R, Drake, F. 2009.** Caracterización del material forestal de reproducción de cinco procedencias de nothofagusalessandri espinosa, una especie en peligro de extinción. I.N.C.I. Caracas, VE. 13 p.
- Sotolongo, R. Gadea, G. 2000.** Mejoramiento genético forestal. (En línea). Consultado el 8 de Enero del 2016. Disponible en línea.  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/training\\_material/docs/Mejoramiento%20Genetico%20Forestal.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Mejoramiento%20Genetico%20Forestal.pdf)
- Toral, O., Iglesias, J. M., Reino, J. 2006.** Comportamiento de germoplasma arbóreo forrajero en condiciones de Cuba. Estación experimental de pastos y forrajes “Indio Hatuey”. Revistas de pastos y forrajes, vol. 29. Matanzas, CU. 337-346 Pág.
- Toral, O. C; Reino J; Santana H. 2013.** Caracterización morfológica de ocho procedencias *Moringa oleífera* (Lam.) bajo condiciones de vivero. Pastos y Forrajes, Vol. 36, No. 4, p. 409-416.
- Toral, O.C; Iglesias, M.J. 2012.** Evaluación de accesiones de árboles y arbustos forrajeros durante el periodo de establecimiento. Pastos y Forrajes. Vol. 35, No.1. Pág. 17-28.
- Vásquez, 2001.** Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Universidad de Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal Ibagué – Tolima, Colombia. 297 Pág.  
[http://www.ut.edu.co/fif/0941/libros/libro\\_armando\\_vasquez/cap3.doc](http://www.ut.edu.co/fif/0941/libros/libro_armando_vasquez/cap3.doc)