

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
ÁREA: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
PROGRAMA: INGENIERÍA AGROFORESTAL



CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES (*Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*) EN ETAPA BRINZAL, EN UN ÁREA DEGRADADA DEL CINTA-UAP.

Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agroforestal

Presentado por: Univ. Annie Puerta Argote

Asesor: Ing. Griceldo Carpio Tancara

COBIJA – PANDO – BOLIVIA

2016

HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por los siguientes tribunales:

Nombres y Apellidos	Firmas
Presidente: Dr. Benjamín Oliveira Carrillo	_____
1er. Vocal: Ing. Ronny Silver Balcázar Sosa	_____
2do. Vocal: Dr. Juan Carlos Gómez Gonzales	_____
3ro. Vocal: Ing. Elker Soria Roca	_____
Asesor: Ing. Griceldo Carpio Tancara	_____

Cobija, _____ de _____ del 2016

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo muy especialmente a mi Esposo Marcos Luis Flores Aguada y a mis hijos: Marianne Flores Puerta y Matheo Israel Flores Puerta, quienes han sido el impulso para continuar y llegar a culminar esta etapa de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mis sinceros agradecimientos a:

- Dios por haberme dado vida, salud, y guía por guardarme de todo peligro en el transcurso de esta investigación y en el camino de toda mi vida.
- Mis padres, Israel Puerta Paredes e Isabel Argote Maniguari y a mi segunda mama Wandernilda Mesquita Da Silva, por haberme educado, enseñado e inculcado el estudio desde niña, sin su ayuda no habría podido llegar a este momento tan importante de mi vida.
- A mis hermanos Franz Puerta Argote, Denis Puerta Argote, Raiza Puerta Argote, Randy Puerta Argote (†), a mi Suegra Lourdes Aguada Macuapa y a mi cuñado Luis Gabriel Flores Aguada, quienes me han incentivado a seguir adelante.
- Mi asesor Ing. Griceldo Carpio Tancara por sus orientaciones y sugerencias durante el desarrollo de la presente investigación.
- Los miembros del tribunal: Ing. Ronny Silver Balcazar Sosa, Ing. Elker Soria Roca y el Dr. Sc. (Ing. For.) Juan Carlos Gomez Gonzales por sus valiosas sugerencias en la revisión del trabajo.
- Mis docentes, en especial al Ing. Ezequiel Salvatierra L. por haber impartido sus conocimientos con paciencia durante el proceso de enseñanza.
- Mis compañeros de la universidad: por las muchas experiencias vividas durante los años que hemos compartido juntos.

ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE GRÁFICOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. ORIGEN E IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES	4
2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LAS ESPECIES	5
2.3. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS	7
2.4. ESTABLECIMIENTO EN LUGAR DEFINITIVO	9
2.5. CRECIMIENTO INICIAL	16
2.6. EXPERIENCIAS EN SISTEMAS AGROF. Y ASOCIACIÓN	22
2.7. PLAGAS Y ENFERMEDADES	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	27
3.2. MATERIALES	27
3.3. TIPO DE ESTUDIO	28
3.4. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS	28

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	29
3.7. TOMA DE DATOS	30
3.6. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	31
4. RESULTADOS	32
4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS	32
4.2. CONDICIONES EDÁFICAS	34
4.3. CRECIMIENTO EN ALTURA	35
4.4. CRECIMIENTO EN DIÁMETRO	39
4.5. MORTALIDAD DE PLANTAS Y SUS CAUSAS	43
5. DISCUSIÓN	45
5.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS	45
5.2. CONDICIONES EDÁFICAS	46
5.3. CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO	46
5.4. DAÑOS Y MORTALIDAD DE PLANTAS	48
6. CONCLUSIONES	49
7. RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	51
ANEXO N° 1. CROQUIS DE CAMPO	54

LISTA DE CUADROS

N°	Título	Pág.
1.	Población, muestra y unidad de análisis	28
2.	Matriz de Operacionalización de Variables	29
3.	Registros de Temperatura y Precipitación Pluvial	32
4.	Resultados del análisis de suelo del área experimental	34
5.	Parámetros de la altura de planta inicial (cm)	35
6.	Promedios de altura de planta (cm)	36
7.	Tasas de crecimiento mensual en altura (cm)	37
8.	Parámetros de la altura de planta final (cm)	38
9.	Parámetros del diámetro de tallo inicial (cm)	39
10.	Promedios de diámetro de tallo (cm)	40
11.	Tasas de crecimiento mensual diámetro (cm)	41
12.	Parámetros del diámetro de tallo final (cm)	42
13.	Mortalidad de plantas durante el periodo de estudio	43

LISTA DE GRÁFICOS

N°	Título	Pág.
1.	Registros de Temperatura y Precipitación Pluvial	32
2.	Resultados del análisis de suelo del área experimental	34
3.	Parámetros de la altura de planta inicial (cm)	35
4.	Promedios de altura de planta (cm)	36
5.	Tasas de crecimiento mensual en altura (cm)	37
6.	Parámetros de la altura de planta final (cm)	38
7.	Parámetros del diámetro de tallo inicial (cm)	39
8.	Promedios de diámetro de tallo (cm)	40
9.	Tasas de crecimiento mensual diámetro (cm)	41
10.	Parámetros del diámetro de tallo final (cm)	42
11.	Mortalidad de plantas durante el periodo de estudio	43

RESUMEN

La presente investigación titulada “Crecimiento de tres especies forestales (*Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*), en un área degradada” del CINTA-UAP, tuvo los siguientes objetivos específicos: a) describir las características ecológicas durante el periodo de investigación, en el área de estudio, b) determinar el crecimiento de las características morfológicas de las tres especies durante el periodo de estudio y c) determinar la mortalidad de plantas durante el periodo de estudio y sus causas.

El estudio se realizó en los predios del Centro de Investigación de nuevas tecnologías para la amazonia (CINTA) dependiente del ACBN-UAP, ubicada en Municipio de Porvenir, Provincia Nicolás Suárez del Departamento Pando, cuyas coordenadas geográficas son: Longitud Oeste: 87°51'16" y Latitud Sur 05°30'09". El procedimiento experimental consistió en la limpieza del área experimental con intervalos de 30 días previa a la medición de las variables. La medición de variables consistió en: los datos climáticos se obtuvieron de la base de datos del SENAMHI, la muestra de suelo fue analizada en los laboratorios del CIAT Santa cruz; mientras que las variables de respuesta como altura de planta, diámetro de tallo, mortalidad y sus causas fue efectuado mediante la observación directa.

Los principales resultados indican que el área de estudio reúne las condiciones climáticas para el establecimiento de las tres especies, sin embargo el suelo presenta baja fertilidad, lo que constituye una limitante en para el crecimiento. El mayor crecimiento se observó en Melina que en promedio pasó de 2,9 a 3,1 m de altura, seguido por la Mara y finalmente Teca. La principal causa de la mortalidad de plantas de mara se debió al ataque de *Hypsipyla grandella* que fue favorecida por la época de lluvias, mientras que en la otras dos especies se debió a la falta de humedad en el suelo.

Palabras claves: Crecimiento *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*, áreas degradadas.

ABSTRACT

The present research entitled "Growth of three forest species (*Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis* and *Gmelina arborea*), in a degraded area" of the CINTA-UAP, had the following specific objectives: a) to describe the ecological characteristics during the IP, The study area, b) determine the growth of the morphological characteristics of the three species during the study period and c) determine the plant mortality during the study period and its causes.

The study was carried out on the premises of the Research Center for New Technologies for the Amazon (CINTA), which is dependent on the ACBN-UAP, located in the municipality of Porvenir, Nicolás Suárez province in the department of Pando, whose geographical coordinates are: west length: 87°51'16 "And south latitude 05°30'09". The experimental procedure consisted of the cleaning of the experimental area with intervals of 30 days prior to the measurement of the variables. The measurement of variables consisted of: the climatic data were obtained from the SENAMHI database, the soil sample was analyzed in CIAT Santa Cruz laboratories; While the response variables such as plant height, stem diameter, mortality and their causes were carried out by direct observation.

The main results indicate that the study area meets the climatic conditions for the establishment of the three species, but the soil presents low fertility, which is a limiting factor for growth. The highest growth was observed in Melina that on average went from 2.9 to 3.1 m in height, followed by the Mara and finally Teak. The main cause of mortality of mara plants was due to the attack of *Hypsipyla grandella* which was favored by the rainy season, while in the other two species it was due to lack of soil moisture.

Key words: Growth *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis* and *Gmelina arborea*, degraded areas.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El Departamento Pando, cuenta con una superficie de 63.827 km²; de los cuales el 94% de su superficie está cubierto por bosques tropicales. El sector forestal es el más importante de la economía regional (ZONISIG 1997).

Los bosques tropicales proveen una variedad de bienes y servicios ecológicos y socioeconómicos. Por ejemplo, regulan el ciclo hidrológico, previenen la erosión de suelos, absorben carbono de la atmósfera, y son también importantes fuentes de alimentos, medicinas y otros productos tanto maderables como no maderables (DHV 1993).

De acuerdo con muchos investigadores, la búsqueda de alternativas para la deforestación y otras actividades económicas que son practicadas, una de las actividades alternativas que pueden no llevar a la deforestación que ha sido sugerida en años anteriores es el uso de los Productos Forestales no Maderables (PFNMs). Estos productos también pueden ser producidos en plantaciones forestales, sistemas agroforestales y de los árboles que se encuentran fuera del bosque. (Alcorn, J.B. 1990).

Los sistemas de producción en la región Norte Amazónico de Bolivia se caracterizan por ser tradicionales, con el cultivo de especies anuales y esporádicamente plurianuales y/o perennes (arroz, maíz, frijol, yuca, plátano, cítricos, etc.). Esta situación se debe en gran parte a que no se cuenta con resultados concretos de estudios sobre el desarrollo y producción de especies forestales e industriales que demuestren las ventajas de producir en sistemas agroforestales.

Mediante la implantación o cultivo asociado de tres especies forestales y la evaluación de las características morfológicas durante el desarrollo inicial (seis meses) en el lugar definitivo, se aportará con información valiosa para ser considerada en programas de desarrollo productivo a nivel regional; ya

que la investigación se lo realizará en el Centro Investigación de Nuevas Tecnologías para la Amazonia (CINTA), ubicada en la Comunidad Gran Chaco, Municipio Porvenir, Departamento Pando.

1.2. Justificación

La justificación de la presente investigación se sustenta en la importancia de las especies a estudiar:

La Mara (*Swietenia macrophylla* King), comúnmente conocida en nuestro medio como Mara, es considerada como la mejor madera para la ebanistería a nivel mundial. Debido a su valor comercial y su habilidad para adaptarse a una variedad de condiciones de sitio, ha sido plantada a nivel mundial, tanto dentro como fuera de su distribución natural.

La Teca (*Tectona grandis*), es fuente de una de las maderas tropicales más valiosas y mejor conocidas, ha sido plantada extensamente para la producción de madera para la construcción naviera, muebles y carpintería en general.

La Melina (*Gmelina arborea*) es hoy por hoy, una de las especies más promisorias para usar en diferentes procesos industriales y en programas de reforestación en los que por su rápido crecimiento es fuente segura de materia prima.

1.3. Planteamiento del problema

En las últimas décadas, en el Departamento Pando se ha observado un acelerado proceso de deforestación y ninguna política de forestación y/o reforestación, lo que se traduciría en una disminución de la biomasa. En consecuencia es de imperiosa necesidad generar conocimientos apoyados en datos reales y en condiciones naturales de nuestro medio, información que podrá ser utilizada por instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales, empresarios, comunarios, etc., que tengan interés en emprender programas de forestación.

En consecuencia, el problema de investigación abordado fue: ¿Cuáles son las características del crecimiento de tres especies forestales Mara (*Swietenia Macrophylla* King.), Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*), en etapa brinzal, establecidas en un área degradada del Centro de Investigación de Nuevas Tecnologías CINTA-UAP?

1.4. Objetivos

Objetivo general

- Evaluar del crecimiento de tres especies forestales Mara (*Swietenia macrophylla*, King), Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*), en etapa brinzal, establecidas en un área degradada del Centro de Investigación de Nuevas Tecnologías CINTA-UAP.

Objetivos Específicos:

- Describir las características ecológicas durante el periodo de investigación, en el área de estudio.
- Determinar el crecimiento y las características morfológicas de las tres especies durante el periodo de estudio.
- Determinar la mortalidad de plantas durante el periodo de estudio y sus causas.

1.5. Hipótesis

Las tres especies forestales Mara (*Swietenia macrophylla*, King), Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*) tienen diferentes tasas de crecimiento en la etapa brinzal.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ORIGEN E IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES

2.1.1. Mara

La Mara *Swietenia macrophylla* crece de manera natural desde la latitud 23° N. hasta un poco más abajo de la latitud 18° S en el Neotrópico (30, 33). Es originario de México en la América del Norte y Belice, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica y Panamá en la América Central. En la América del Sur, es nativa a Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil y Bolivia (Irmay 1984)

Es una especie muy requerida en el mercado. Debido a su valor comercial bien establecido y a su habilidad para adaptarse a una variedad de condiciones de sitio, la Mara ha sido plantada de manera extensa a nivel mundial, tanto dentro como fuera de su distribución natural. En plantaciones cerradas o en plantaciones a campo abierto, en áreas deforestadas y en tierras agrícolas abandonadas y en plantaciones de enriquecimiento o en hileras bajo un dosel forestal degradado (Irmay 1984).

2.1.2. Teca

La Teca, *Tectona grandis* es originaria de Birmania, Tailandia y de algunas partes de la India. Se ha identificado Trinidad y Tobago como el primer país del continente Americano donde fue introducida la especie; en América central alcanza alturas superiores a los 30 m, es una especie maderable clasificada de uso múltiple, produciendo postes, vigas, horcones. Es fácil de trabajar, secar y preservar; es resistente a termitas y hongos (CATIE 1986).

Es de gran valor comercial debido a ciertas características de su madera como lo son su fuerza, durabilidad y estabilidad. Por lo tanto, es muy usada en la construcción de barcos, muebles finos, objetos decorativos, astas y como combustible (Araya et al, 2005).

2.1.3. Melina

La *Gmelina arborea* es nativa de India, Bangladesh, Sri Lanka, Myanmar, Tailandia, sur de China, Laos, Camboya y Sumatra en Indonesia y es una importante fuente maderera en las regiones tropicales y subtropicales de Asia. En su área de distribución natural se desarrolla en hábitats que varían desde húmedos hasta secos. Se encuentra en forma natural principalmente en las selvas mixtas de Birmania, asociado con *Tectona grandis*, *Terminalia tomentosa*, varias especies latifoliadas y bambúes. Su máximo desarrollo lo alcanza en los bosques más húmedos de Birmania, sobre todo en valles húmedos y fértiles, en estas condiciones puede crecer hasta los 1260m de altitud (Rojas et al, 2004).

La madera de Melina, se caracteriza por ser moderadamente liviana, de lustre alto y apariencia suave y sedosa. No presenta olor ni sabor distintivos. Entre la albura y el duramen no existe diferencia, su grano es recto a entrecruzado y su textura es gruesa. Su color varía de crema a pardo amarillento, tornándose pardo-rojizo con la edad (Obregon s.f)

2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LAS ESPECIES

2.2.1. Mara

La Mara o Caoba (*Swietenia macrophylla*) King., es un árbol de gran tamaño, a menudo alcanzando más de 30 m de altura y 1,5 m de diámetro en el tronco. Las hojas de color verde oscuro son pinadas compuestas y el fuste se ve cubierto de una corteza áspera y de color gris pardo, con un grosor de 1 a 1,5 cm. El duramen, de un color pardo rojizo claro, que se añeja a un color pardo dorado, tiene una textura uniforme y una figura atractiva. Es una de las maderas más fáciles de trabajar y toma un acabado excelente y se le considera por muchos como la mejor madera para la ebanistería a nivel mundial (Irmay, 1984).

La clasificación taxonómica de la Mara o Caoba es como sigue:

Philo: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Sapindales
Familia: Meliaceae
Género: Swietenia
Especie: *S. macrophylla* King.

Nombres Comunes: Caoba es el nombre aplicado más comúnmente en toda su área de distribución. Mara en Bolivia y parte de Sud América (Rodríguez, 1999).

2.2.2. Teca

La Teca es un árbol caducifolio de gran tamaño perteneciente a la familia Verbenaceae que puede alcanzar alturas de hasta 45 m y un diámetro superior a 2 m. A pesar de que las características de las poblaciones pueden variar según la región (diferencias en la forma del tronco y en la tasa de crecimiento), se considera una sola especie (Weaver, 1993).

Según el mismo autor, la clasificación taxonómica de la especie es como sigue:

Reino: Plantae
División: Magnoliophita
Clase: Magnoliópsida
Orden: Famiiales
Familia: Verbenaceae
Género: Tectona
Especie: *T. grandis*

Nombres comunes: En la mayoría de los países donde se ha introducido es conocida como Teca o Teak (en inglés)

2.2.3. Melina

La *Gmelina arborea* es una especie de rápido crecimiento, oportunista en los bosques húmedos y se clasifica como una pionera de vida larga. Su capacidad de rebrote es excelente y los brotes presentan un crecimiento rápido y vigoroso. Es caducifolia, en las zonas secas, puede llegar a medir 30 m de altura y presentar más de 80 cm de diámetro. Crece usualmente con un fuste limpio de 6 hasta 9 m y con una copa cónica (Rojas *et al* 2004).

Clasificación Taxonómica:

Phylo : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Lamiales
Familia : Lamiaceae
Género : Gmelina
Especie : G. arborea

(Pakos, 2012)

2.3. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

2.3.1. Mara

La Mara crece mejor y alcanza su tamaño mayor bajo las condiciones climáticas encontradas en la zona de vida tropical seca. La zona de vida está limitada por una temperatura anual promedio de 24°C o más, una precipitación anual promedio de 1.000 a 2.000 mm (Ugamoto y Pinedo 1986).

Bajo condiciones de plantación, ha mostrado un crecimiento satisfactorio en suelos erosionados y deficientes en fósforo; en suelos lateríticos pobres y cascajosos formados por la descomposición de gneiss; en suelos lateríticos desintegrados (pero no desnudos); en suelos ándicos; en arcillas ácidas y profundas, y en suelos arcillosos derivados de piedra caliza (Marquetti, et al. 1975).

2.3.2. Teca

La Teca tolera una gran variedad de climas pero crece mejor en condiciones tropicales moderadamente húmedas y calientes. Gran parte del área de distribución natural de la Teca se caracteriza por climas de tipo monzonal, con una precipitación de entre 1.300 y 2.500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses. La cantidad de lluvia óptima para la Teca es de entre 1.500 a 2.000 mm por año, pero soporta precipitaciones tan bajas como de 500 mm y tan altas como de 5.100 mm por año (Salazar *et. al* 1974).

Se establece sobre una variedad de suelos y formaciones geológicas, pero el mejor crecimiento ocurre en suelos aluviales profundos, porosos, fértiles y bien drenados, con un pH neutral o ácido. La Teca tolera condiciones de suelo muy extremas, siempre que exista un drenaje adecuado. Los factores limitantes más importantes en cuanto a los suelos son la poca profundidad, las capas duras, las condiciones anegadas, los suelos compactados o arcillas densas con un bajo contenido de Ca o Mg (Salazar *et. al* 1974).

2.3.3. Melina

Crece de manera natural entre el nivel del mar y los 900 metros, creciendo favorablemente en zonas de bosque seco tropical, bosque húmedo tropical o bosque muy húmedo tropical, generalmente entre los 24 y 35 grados y a partir de los 900 metros hasta los 1.500 metros (Obregón, s.f.).

Crece en suelos livianos o pesados, de reacción ácida a alcalina, ricos en nutrientes y con buenas condiciones de drenaje y luz (Obregón s.f.).

2.4. ESTABLECIMIENTO EN SITIO DEFINITIVO

2.4.1. Mara

Aunque se han establecido plantaciones en varios países a espaciamientos de 2-3 m entre árboles, las plantaciones puras generalmente no son recomendables en esta especie, especialmente en áreas donde se esperan ataques severos del barrenador. Hay evidencias de que la presencia de sombra lateral reduce el daño de la plaga, de manera que se puede recurrir a varias opciones, entre ellas: mezcla con otras especies arbóreas de crecimiento más rápido (ej. leucaena, eucaliptos); plantación en hileras dentro de bosquetes jóvenes o tacotales; o eliminación de malezas en carriles a lo largo de las líneas de plantación, dejando una franja con malezas en el centro, para permitir el desarrollo de barreras naturales entre las hileras de los árboles. La primera opción tiene la ventaja adicional de que los otros árboles pueden proporcionar ingresos a menor plazo, mientras se completa el turno comercial de la Mara. La caoba también puede establecerse en combinación con cultivos agrícolas anuales o perennes (café, cacao), a espaciamientos amplios de hasta 15x15m, dependiendo del cultivo y los objetivos. Los insumos y cuidados al cultivo agrícola además benefician a los árboles, los cuales pueden crecer más rápidamente y superar la fase de susceptibilidad al barrenador en menor tiempo. Otro sistema que ha sido utilizado es la plantación de enriquecimiento de bosques. En este caso se limpian franjas de unos 2 m de ancho en el bosque, espaciadas a 10-12 m entre franjas, y se planta la caoba a lo largo de las franjas, típicamente a espaciamientos de 2-5 m, dependiendo de la intensidad de manejo que se pretenda dar a la plantación; espaciamientos menores requerirán raleos en menor tiempo. Por lo general, se respetan árboles vigorosos y de buena forma de otras especies valiosas que ocurran

a lo largo de la franjas. Este sistema es ideal para bosques que han sido sobreexplotados y/o contienen pocas especies de valor (OFI-CATIE s.f.)

2.4.2. Teca

La selección del sitio es uno de los factores de suma importancia si se desea tener éxito. Las características ambientales (precipitación, temperatura, humedad relativa, horas luz, velocidad del viento) y los factores edáficos (fertilidad, textura, profundidad, drenaje), influyen sobre la calidad de la madera y en el crecimiento potencial de la especie. Si no se reconocen las restricciones de los sitios y los límites de adaptabilidad de las especies arbóreas los fracasos son comunes y a menudo grandes (Vallejos, 1996).

La selección incorrecta de especies continúa produciendo muchos fracasos en las plantaciones de los trópicos porque los encargados no toman en cuenta el clima y los patrones del suelo y la degradación del sitio causada por las prácticas previas de cultivo, pastoreo o incendios. En el caso de la Teca, debe tenerse presente los factores limitantes de la especie, para reducir costos y obtener buenos crecimientos, un estudio detallado de suelos es fundamental para evitar problemas a futuro (Vallejos, 1996).

Preparación del suelo: Existen varios métodos y combinaciones entre ellos, que se utilizan para preparar el sitio en donde se establecerá la plantación; la elección del mismo depende de las condiciones del sitio y de los recursos disponibles para esta labor. Normalmente se inicia con una limpia o chapia general, eliminando toda la vegetación arbustiva, residuos de árboles caídos, troncos y árboles sin valor comercial o para la fauna. Algunos terrenos con cultivos o pastos recién abandonados no requieren de esta labor. Dependiendo del tipo de vegetación y de la topografía del terreno, la limpia inicial puede hacerse manual, mecánica o combinada. El uso del fuego, después de la limpia, es muy común porque resulta muy

económico, sin embargo, no se considera como una buena práctica, aunque facilita las labores de plantación, controla la competencia y libera nutrimentos (Rodríguez 1993).

Cuando las condiciones del sitio lo permitan y existan recursos suficientes, puede ararse el terreno. En suelos muy compactados es recomendable el subsoleo, labor que se realiza en la época seca. Los huecos profundos (45 cm) aumentan la sobrevivencia y el crecimiento de la planta. Cuando las plántulas son producidas en pellets jiffy, el uso del tubo plantador pottiputki para establecer la plantación genera mucho rendimiento por hectárea (Rodríguez 1993).

Densidad de la plantación: La manipulación de la espesura es el medio más eficiente de que dispone el silvicultor para lograr los objetivos del manejo de plantaciones forestales. El nivel de espesura (ocupación) del rodal afecta una serie de atributos del mismo, tales como su diámetro medio, volumen, conicidad media, longitud media de copa, tamaño de ramas, vigor de los árboles y longitud de la rotación. A la vez, estos atributos afectan la cantidad y calidad de la madera producida y por ende su valor comercial. Asimismo, el vigor del rodal y su resistencia a plagas y enfermedades también dependen del nivel de espesura. La elección de un régimen de espesura, es por tanto, una decisión crítica de la cual depende la consecución de los objetivos del manejo (Rodríguez 1993).

El buen precio de la madera de Teca en el mercado internacional ha promovido el establecimiento y manejo de plantaciones para producir madera para aserrío, utilizándose espaciamientos de 3,0 x 3,0 m, esto favorece el establecimiento de un sotobosque que protege el suelo, evitando la realización de raleos muy tempranos, baja los costos de establecimiento y, además, mejora el crecimiento (Rodríguez 1993).

En Costa Rica, la mayoría de las especies fueron establecidas a 3,0 x 3,0 m, pero recientemente este espaciamiento está aumentado para bajar costos de establecimiento y para hacer menos raleos, tomando también en cuenta los avances en mejora genética y con el empleo de técnicas de manejo más oportunas. Considerando que la Teca tiene buena forma natural y que las altas densidades pierden el sotobosque y se erosiona el suelo, se recomienda distanciamientos de 3,5 m x 3,5 m.

Técnicas de plantación: La plantación puede hacerse manual o utilizando cierto grado de mecanización. La planta debe enterrarse derecha y hasta el cuello de la raíz y aprisionarse para que no queden espacios con aire en la zona de las raíces. La época recomendada para establecer la plantación es durante la época lluviosa. La resiembra se justifica cuando la sobrevivencia es menor al 80%, y debe hacerse máximo un mes después de la plantación. La especie fue plantada originalmente en Trinidad mezclada con otras especies, posteriormente, se decidió establecerla como plantación pura ya que las otras especies usadas fallaron o fueron dominadas por la Teca. Generalmente, se planta después de una corta total, seguido de plantación artificial pura, pues la Teca es exigente de luz y no admite competencia. No se recomienda establecer plantaciones densas en terrenos de alta pendiente debido a que la sombra y las hojas caídas eliminan la vegetación del sotobosque. También, las hojas jóvenes concentran mucha agua durante las lluvias. Estos tres factores favorecen la erosión por escorrentía superficial (Rodríguez 1993).

2.4.3. Melina

En general existen tres factores que en forma consistente se deben tomar en cuenta para la selección de nuevas áreas a reforestar, ellos son: la posición topográfica del sitio, los contenidos de calcio y magnesio en el primer horizonte y el uso anterior del suelo (Castro *et al*, 2003).

Necesidades de suelo: Se sugiere plantar Melina en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos de desarrollo radical. Aunque existen reportes de excelentes crecimientos en suelos pobres en bases, alcalinos o ligeramente ácidos y de textura arcillosa o franco arcillosa, esto debido al fuerte crecimiento inicial que tiene la especie de establecerse en cualquier tipo de suelo, pero para mantener la tasa de crecimiento elevada y llegar a dimensiones satisfactorias requiere las condiciones antes sugeridas (Castro *et al*, 2003).

Los contenidos de calcio y magnesio deben ser mayores de 10 y 6 miliequivalentes por cien mililitros de suelo (meq/100ml de suelo) en el primer horizonte y el pH se debe encontrar entre 5 ó 6 de acidez.

Aunque *Gmelina arborea* se adapta a una amplia variedad de condiciones edáficas y sobrevive con facilidad en una gran variedad de tipos de suelo; entre ellos ácidos, calcáreos limosos, suelos rojos o arcillosos; su mejor desarrollo lo alcanza en aquellos cuyas texturas varían de arenosas a francas, profundos, de origen aluvial, húmedos, bien drenados y aireados y ricos en bases (Castro *et al*, 2003).

En subsuelos pedregosos o concentraciones que limitan el desarrollo del sistema radical en profundidad los árboles sufren muerte descendente. La Melina es una especie exigente de suelos fértiles y es muy sensible a las variaciones dentro de áreas pequeñas, por lo tanto, si se desea plantar esta especie, es recomendable realizar análisis del suelo de 15 a 30 centímetros y una evaluación de la finca para asegurar el futuro de la nueva plantación (Castro *et al*, 2003).

Topografía: En cuanto a la topografía, los mejores sitios son los planos u ondulados con una pendiente no mayor al 30%, sin pedregosidad y una profundidad efectiva mínima de 60 cm y óptima mayor a 100 cm, de poca pendiente y con baja humedad (Castro *et al*, 2003).

Requerimientos lumínicos: Por ser una especie esencialmente heliófita, es intolerante a la sombra y necesita gran cantidad de luz para lograr un buen desarrollo.

Factores limitantes para el desarrollo de la especie

No crece bien en suelos arcillosos, en pendientes superiores al 30% con problemas de baja fertilidad, bajo contenido de materia orgánica y poca profundidad del suelo. El crecimiento también se ve afectado en suelos superficiales, con capas endurecidas, impermeables y pedregosas, así como en suelos ácidos muy lixiviados o arenas secas. Las plantaciones que prosperan en suelos erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, en estas condiciones los árboles presentan características indeseables tales como fustes torcidos, poca altura, muy ramificados y con aspecto arbustivo (Castro *et al*, 2003).

Se ha encontrado que el viento afecta negativamente el crecimiento, y que la especie crece mejor en sitios ubicados en terrenos planos, al pie de las lomas, donde hay mayor disponibilidad de agua y nutrientes.

Además, la preparación del terreno previo a la plantación es un factor importante para el éxito de la plantación (Castro *et al*, 2003).

Otros factores a considerar: Es susceptible a la competencia de malezas, en especial de gramíneas y enredaderas, pero sobre todo a pastos como Medriaria, Melinis y Bracearia (Castro *et al*, 2003).

Muchas plantaciones de Melina han sido afectadas negativamente en su crecimiento por efecto del fuego y no soporta suelos compactados o inundados, ni siquiera en forma temporal y esto causa pudrición en raíces, amarillamiento foliar y muerte.

Preparación del sitio: El terreno se prepara arándolo y rastrillándolo. Cuando se usa la forma mecánica en suelos compactados por el uso anterior, ya sea cultivos o la ganadería, se recomienda el alomillado para propiciar un mayor desarrollo radicular al proveer de aire al sustrato y a la raíz. Si la topografía no permite el uso de maquinaria, se deben hacer una adecuada preparación de los hoyos donde se plantarán los árboles (Castro *et al*, 2003).

Densidad de plantación: El espaciamiento empleado depende del objetivo final del cultivo, pero por lo general se planta entre 2,5 x 2,5 y 3,5 x 3,5 metros. La distancia de siembra más aconsejable es de 2,5 x 2,5 metros cuando se quiere producir leña o pulpa, y de 3,0 x 3,0 metros para producción de madera, astillas, aserrío o desenrollado. No se recomienda que se altere el espaciamiento de siembra arbitrariamente debido a que:

- Se aumentará el costo de mantenimiento, debido a que el dosel de la plantación tardará más tiempo en cerrar.
- Se aumentará el riesgo de daños serios a causa de los incendios.
- Se aumenta la producción de ramas gruesas y fustes mal formados.
- Se bajará la frecuencia relativa de árboles con fustes rectos que quedan en pie después de un raleo (Castro *et al*, 2003).

Control de malezas: Probablemente el factor más importante para lograr un rendimiento superior de la Melina es un buen control de malezas durante los primeros años de la plantación y de esta manera reducir la competencia por recursos como luz, riego, nutrientes, oxígeno y la interferencia química. Antes de la siembra y durante los tres primeros años, se recomienda la eliminación de la vegetación indeseable (usualmente son suficientes tres limpiezas anuales). Después del cierre de copas, la Melina controla muy bien las malezas, lo cual facilita el manejo y disminuye las limpiezas (Castro *et al*, 2003).

Aplicar herbicidas emergentes y preemergentes en una rodaja de 60 cm alrededor a cada punto a plantar evita la competencia de Melina con las gramíneas y que se deforme el fuste inferior. Los factores a ser considerados antes de usar herbicidas son las condiciones del sitio y problemas de la aplicación; con respecto a las condiciones del sitio, es necesario evaluar la composición y cantidad de la vegetación, el tiempo de cosecha, el tamaño del bloque, la humedad y la presencia de áreas sensibles. Eliminar manualmente la hierba y manejarla con químicos hasta liberar la Melina de la competencia de la maleza es un excelente método de mantenimiento (Castro *et al*, 2003).

2.5. CRECIMIENTO INICIAL

2.5.1. Mara

Un estudio sobre la supervivencia de Mara joven cultivada en viveros, mostró una tasa de supervivencia de las plántulas de por lo menos el 90 por ciento a los 6 meses de edad y del 87 por ciento a los 12 meses de edad a partir de semillas que habían sido secadas y almacenadas por 6 meses. La diferencia no fue estadísticamente significativa. En otros estudios se ha demostrado que la supervivencia se ve influenciada por la posición de crecimiento de las semillas y su frescura (Lamb, 1966).

En las plántulas cultivadas en el vivero, el crecimiento varía considerablemente con la calidad del sitio del vivero y la época del año. Cuando se provee de luz plena, un suelo bien drenado y una provisión abundante de agua, el crecimiento es rápido y las plántulas alcanzan una altura de 60 a 90 cm en 6 meses (Irmay, 1984).

Otro estudio de vivero, mostró que las plántulas cultivadas en suelo arcilloso sin abonar alcanzaron una altura promedio de aproximadamente 11 cm en 3 meses, 14 cm en 6 meses y 71 cm en 12 meses. Este mismo estudio no mostró ninguna diferencia significativa en el crecimiento en altura

entre las semillas almacenadas bajo refrigeración y aquellas almacenadas a temperatura ambiente a los 3 y 6 meses de edad. (Bauer, 1987)

Sin embargo, existió una diferencia significativa en el crecimiento en altura cuando las plántulas tuvieron 12 meses de edad, las plántulas obtenidas a partir de semillas refrigeradas creciendo a una altura significativamente mayor que las plántulas obtenidas de semillas almacenadas a temperatura ambiente (Holmes, 1954).

Bajo condiciones forestales, el crecimiento de las plántulas es mucho más lento que en el vivero, con unas alturas de alrededor de 15 cm alcanzándose en un período de 6 meses a 1 año (Lamb, 1966).

Las tasas de crecimiento en diámetro y volumen de los árboles individuales son impresionantes, pero los rendimientos por área son menos impresionantes debido a las moderadas áreas basales mantenidas por la especie. Los árboles en una pequeña plantación en Perú alcanzaron unas alturas de 6,5 m en 3 años, 9,3 m en 5 años y 11,4 m en 7 años. En un área con una alta precipitación en Sri Lanka, una plantación de 15 años de edad alcanzó una altura de 16 m, y otra extensa plantación alcanzó un diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio de 58 cm en 50 años. Las mejores fuentes de semillas de una prueba de procedencias en Puerto Rico promediaron entre 21 y 23 m de altura y 26 cm en DAP a los 20 años de edad. En otra plantación de caoba en Puerto Rico, cuatro parcelas de 23 a 26 años de edad tuvieron un incremento anual promedio en el d.a.p. de $0,94 \pm 0,01$ cm por año. Varios cientos de hectáreas de plantaciones de 50 años de edad de caoba en el Bosque Experimental de Luquillo en Puerto Rico sostuvieron un área basal promedio de 21 m² por hectárea, de la cual la caoba comprende de una pequeña parte hasta casi toda el área basal. Las cifras para la productividad general para esta especie se han dado como de 7 a 11 m³ por hectárea por año. Se encuentran disponibles una tabla de índice de sitio y unos modelos para predecir el rendimiento basado en el índice de sitio y la edad para la caoba en las Filipinas. El

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, proyecta unos períodos de rotación de 40 a 60 años para la especie en el Bosque Experimental de Luquillo en Puerto Rico (CATIE 1986).

En Bolivia y específicamente en el departamento Santa Cruz de la Sierra, Según el IBIF (2011), el crecimiento diamétrico de individuos de Mara ≥ 10 cm DAP, resultado proveniente de las parcelas permanentes experimentales de La Chonta, fue en promedio $1,01 \pm 0,06$ cm/año (N=187). El crecimiento de la Mara no fue afectado significativamente por los diferentes tratamientos silviculturales (ANDEVA; P = 0,097). Sin embargo, se observó la tendencia de que la Mara tiene un mejor incremento del diámetro en los tratamientos Mejorado e Intensivo (CATIE 1986).

2.5.2. Teca

A lo largo de la historia, el crecimiento de la Teca ha despertado el interés de muchos investigadores, tanto en sus lugares de origen como en los de introducción, constituyendo una de las especies tropicales más estudiadas en el presente siglo, a nivel mundial. En el sudeste asiático, por ejemplo, la India inició el trabajo sistemático con parcelas permanentes en plantaciones y en otras regiones, como Burma ó Indonesia, los trabajos se remontan a un período de tiempo similar. En algunos países africanos, donde la Teca fue introducida a finales del siglo pasado, como en el caso de Nigeria, su crecimiento ha sido estudiado durante los últimos 60 o 70 años; desde 1930 aproximadamente. En América Tropical, donde la introducción de la Teca ocurre al iniciarse el presente siglo (Lamb, 1957), los estudios sobre el crecimiento son mucho más recientes, habiendo sido estudiada durante unas 4 o 5 décadas. Por su parte, en Costa Rica los primeros estudios se remontan a la década de los 60's; sin embargo, los trabajos más importantes, utilizando datos de parcelas permanentes o de análisis fustal, se iniciaron apenas en los años 80's (Mothes *et al*, 1991).

De diversas maneras se ha intentado evaluar el desarrollo de la Teca en diferentes regiones del mundo. La mayoría de los investigadores ha tratado de derivar sus conclusiones acerca de: a) la calidad de los terrenos en que crece la especie; y, b) el desempeño de la misma, evaluando mediante comparaciones, el desarrollo observado en las regiones de introducción con el que presenta en sus regiones de origen, o bien, en alguna otra región donde esta hubiese sido introducida. Este tipo de comparaciones son relativamente frecuentes en la literatura; por ejemplo, se comparó el crecimiento de la Teca en los mejores sitios de Nigeria, con los sitios de Clase I para Nilambur, India; esta comparación fue hecha para edades comprendidas entre los 15 y los 45 años y sus datos siempre fueron superiores a los de Nilambur, a través de todo el intervalo de edades (Mothes *et al*, 1991).

Se compararon las curvas de calidad de sitio que construyeron para plantaciones de Teca en la India, con las desarrolladas previamente, en 1921 por Bourne y en 1940 por Laurie y Sant Ram, para la región India-Burma; sus conclusiones fueron que las curvas desarrolladas por Bourne estaban basadas en datos inadecuados que provenían de Nilambur solamente, representando un intervalo de sitios muy reducido y que las curvas no habían sido suavizadas y armonizadas apropiadamente. Por otro lado, las curvas construidas por Laurie y Sant Ram cubrían todo el rango de clases de fertilidad presentes en Burma y en la India. La tendencia de estas últimas estaba en completa armonía con las curvas presentadas por von Wulffing en sus tablas de rendimiento para plantaciones de Teca en Java. Sin embargo, la curva de la clase de calidad superior del intervalo cubierto para la región India-Burma prácticamente coincidía con la curva de calidad media de las tablas de Java. En vista de que las calidades de sitio más altas presentes en Burma y Java, no se encuentran disponibles en la India, las curvas de calidad de sitio desarrolladas por Seth *et al*. (1964) no presentan un intervalo tan amplio como el de Java y difieren

considerablemente de las curvas de calidad de sitio construidas previamente por los otros autores Seth *et al.* (1964).

Este tipo de comparaciones también se ha dado en la América Tropical. Concretamente, Lamb (1957) comparó el crecimiento de la altura dominante en Trinidad, basado en las tablas de crecimiento y rendimiento, con las curvas publicadas para India-Burma. Después de examinar ambos juegos de datos, Lamb concluyó que la buena Teca de la isla tiene un crecimiento que la coloca en la Calidad de Sitio I para India y Burma a la edad de 5 años, pero a medida que esta se hace más vieja baja a Calidad de Sitio II a los 25 años de edad. Lamb (1957) también afirma que la Teca promedio de Trinidad es de calidad II a los 5 años de edad, pero que al llegar a la edad de 30 años se ubica entre las calidades II y III. De las conclusiones de Keogh (1980) deduce que el crecimiento en altura de la Teca en Trinidad tiende a volverse lento con el tiempo, cuando se le compara con los datos de India y Burma.

Se asume que el mismo fenómeno observado para las curvas de Trinidad también se refleja en el caso de las curvas regionales, ajustadas por él. Este autor, que en 1980 publicó un diagrama de clasificación de sitios para la región comprendida por las islas del Caribe, Centro América, Venezuela y Colombia, comparó las curvas de su diagrama con las de Java, Nilambur (India), India-Burma y Nigeria y concluyó que, en todos los casos, sin excepción, las curvas de Asia-Indonesia presentan pendientes más inclinadas que las de la región americana y añade que, esto último también se cumple con las curvas de Nigeria (Rodríguez, 1993).

Finalmente, en Puerto Rico, comparó las curvas que construyó para la isla, con las desarrolladas para Trinidad, con las curvas regionales y con las de la India-Burma pudo identificar algunos de los problemas en que habían incurrido otros trabajos previos; sus conclusiones fueron, que las curvas desarrolladas por Keogh sugerían un patrón de crecimiento en altura en el cual el crecimiento temprano es rápido pero más tarde se vuelve mucho

más lento, con la altura total aproximándose a un límite. Las curvas para Trinidad muestran la misma tendencia, según Friday. Por su parte, las curvas de crecimiento en altura para India-Burma (Laurie y Sant Ram, 1940; citado por Seth et al. (1964) muestran un crecimiento más constante y son bastante similares a las curvas desarrolladas para Puerto Rico (Friday 1990).

En Bolivia, en un informe sobre Instalación de Parcelas Permanentes de Monitoreo en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.F), en el departamento de Santa Cruz, indica que individuos de 2 meses a 1 año registraron los siguientes parámetros: altura promedio de 3,3 a 9,53 m y diámetros de 3,59 a 12,69 cm (Instalación de parcelas... s.f.)

2.5.3. Melina

El incremento medio anual en volumen es una de las variables más importantes para la toma de decisiones en el manejo forestal y expresa el potencial de producción de biomasa de una especie en particular, creciendo bajo determinadas condiciones de sitio, bajo un régimen de manejo y una edad determinada. A nivel tropical con excepción de las especies de Eucaliptos, la Melina es una de las especies con mayor potencial de crecimiento. En sitios óptimos para su cultivo, esta especie puede alcanzar rendimientos de hasta 30 m³/ha/año. En algunos casos se han reportado rendimientos de hasta 38 m³/ha/año (Pakos 2012).

A pesar que ha sido mayormente plantada en elevaciones bajas y medias, en Costa Rica se reportan altos rendimientos en condiciones óptimas de suelos andisoles y valores de precipitación media anual de 3.000 mm en los alrededores de San Vito de Coto Brus sobre los 900 m.s.n.n.m. (Downs 2003).

Una comparación de la producción de volumen total a los 6 años posterior al establecimiento de las plantaciones de Melina y otras especies en la Zona Sur de Costa Rica indica claramente que Melina es la especie que

posibilita el mayor potencial de producción en volumen total, alcanzando bajo condiciones óptimas de suelos andisoles en Coto Brus hasta 45 m³/ha/año. En promedio alcanza valores de 20 m³/ha/año, que representa el doble del rendimiento de las especies nativas estudiadas. Pero también es la especie que presenta las mayores diferencias entre la producción máxima y el rendimiento mínimo (Downs 2003).

En Bolivia, la *Gmelina arborea* registra crecimientos de 3,9 a 7,9 m a los dos años de establecido en sitio definitivo y diámetros de 5,5 a 11,0 para el mismo periodo de crecimiento según (IBIF, 2011).

2.6. EXPERIENCIAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y ASOCIACIÓN

2.6.1. Mara

Se ha plantado ampliamente en todos los trópicos en programas de reforestación. También se ha usado en sistemas agroforestales, donde además de la madera proporciona sombra. No se recomienda su plantación pura debido al ataque del barrenador, pero sí en combinaciones con otras especies maderables o en líneas de enriquecimiento en bosques y tacotales. Por lo general, los árboles jóvenes son respetados por los finqueros cuando se corta el bosque para hacer potreros o para usos agrícolas, de manera que se pueden encontrar individuos de diversos tamaños dentro de las fincas. En algunos países (p. ej. Indonesia, Trinidad), ha sido plantada con fines de protección del suelo. IHCAFE en Honduras promueve un sistema que asocia *Inga* spp. con *Swietenia macrophylla* como sombra para café, donde la caoba reemplaza progresivamente a *Inga* como sombra permanente. El sistema está diseñado para dar valor al cafetal y reducir el problema del barrenador del tallo de la caoba. Sin embargo, es apto para cualquier maderable con buen valor comercial, amplia variedad de usos y buenas tasas de crecimiento como *Cedrela odorata*, *Cordia megalantha*, *Dalbergia glomerata*, *Guarea grandifolia*, *Huetea cubensis*, *Hyeronima alchorneoides* o *Swietenia humilis*. (OFI-CATIE).

2.6.2. Teca

En casi todas las plantaciones en Java, las plántulas de la Teca son plantadas como parte de un programa de agroforestería, se cultiva el arroz para que los agricultores locales puedan obtener un ingreso durante los años iniciales y a menudo también con *Leucaena leucocephala* (Rodríguez, 1993).

En la india las plantaciones de Teca resultaron muy remunerativas al establecerlas con cacahuate y soya. La Cúrcuma (*Curcuma longa* L) una fuente de condimento y agente colorante fue cultivada con éxito en plantaciones de 2 años. Otros cultivos fueron Maíz, Algodón y Jengibre. En Trinidad, antes de 1962, se utilizó el sistema Taungya con cosechas anuales de Arroz y Maíz.

También Teca se combina con *Dalbergia latifolia* (palo rosa) y *Swietenia macrophylla* (Caoba) y con especies hortícolas como *Mangifera indica* (mango), *Carica papaya* (papaya) y *Psidium guajava* (guayaba) (Rodríguez, 1993).

En Tailandia, el proyecto “Save the Children”, fomentó la plantación de Teca como parte de una estrategia de generación de ingresos a mediano y largo plazo y que no obligara a los agricultores a renunciar a las actividades inmediatas. Se combinaron así cultivos anuales, árboles frutales y especies arbóreas de uso múltiple y de crecimiento rápido, lográndose bajo este sistema hasta \$6480 más en un periodo de 10 años.

En Centro y Sur América, se ha cultivado con combinación con banano y con cultivos alimenticios tradicionales, durante un período de 2 o más años.

Trabajos de modelación en fincas ganaderas degradadas en Costa Rica, demuestran que la Teca plantada en los linderos genera un ingreso adicional y es la opción más viable para maximizar los ingresos, mientras que el establecimiento de plantaciones puras para luego usarlas en pastoreo parece ser una alternativa atractiva si el precio de la madera sube

en un 10%. Los espaciamientos bajo este sistema han variado de los 2 m x 2 m hasta 5,33 m x 5,33 m (Rodríguez, 1993).

Manejo de rebrotes y de la regeneración natural

Vallejos (1996), indica que la especie tiene buena capacidad de rebrote, por lo que después de una corta total se ahorran los costos de plantación.

En plantaciones después de raleadas, el crecimiento acelerado que muestran los rebrotes producen competencia a los árboles que quedan en pie. Su eliminación ha sido objeto de estudio, llegando a obtener hasta un 83% de efectividad, independientemente de la época lunar (creciente y menguante), al utilizar una mezcla de herbicidas: Aminacop 72% dosis de 2-4D + tordón 101 + piclorán, tres onzas por bomba de espalda de 16 litros.

En la India, Myanmar y Tailandia, en el manejo de bosques naturales se ha utilizado el tratamiento de monte bajo con diferentes sistemas adecuados a las condiciones locales, particularmente en los bosques donde los árboles no alcanzan gran tamaño por la excesiva aridez u otras deficiencias de la estación. Un ejemplo es el sistema de "monte bajo con resalvos", en el que se seleccionan de 25 a 50 árboles/ha y se mantienen como árboles seminales, el resto se corta para producir brotes de cepa (Rodríguez, 1993).

La rotación oscila entre 30 y 60 años y muy raramente alcanza 80 años. La regeneración natural de *Tectona* se da en forma aceptable si los frutos caen en sitios libres de malezas y con buen sol. La especie brota vigorosamente de cepa y con frecuencia los incendios favorecen la regeneración natural de los árboles adultos (Rodríguez, 1993).

2.6.3. Melina

La Melina, por su virtud de rápido crecimiento, es una especie de uso múltiple que presenta gran potencial agroforestal, puede emplearse como cerca viva, cortina rompevientos y linderos maderables. Por su ritmo de crecimiento tan acelerado no permite asociados con cultivos, a no ser que estos sean establecidos bajo la modalidad taungya, esto es que se

siembren junto a la especie y por única vez, entre ellos destacan el maíz y el frijol (Rojas et al, 2004).

2.7. PLAGAS Y ENFERMEDADES

2.7.1. Mara

El taladrador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller), taladra los brotes de árboles en la familia de las caobas (Meliaceae), especialmente las caobas (*Swietenia spp.*) y los cedros (*Cedrela spp.*). Es una plaga económica importante, y ha sido el objetivo de investigaciones en muchos países tropicales. Es la única especie de *Hypsipyla* en Florida, donde es una plaga de caoba antillana (*Swietenia mahagoni* Jacquin), un árbol nativo que es frecuentemente plantado como un árbol de sombra (Rodríguez 1999).

2.7.2. Teca

CATIE 1986 afirma que el defoliador *Rabdopterus sp.*, es una especie polífaga de la familia Chrysomelidae (Orden Coleóptera). Los adultos se alimentan de follaje de la Teca, produciendo perforaciones características de forma elongada y curva de aproximadamente 1,3 de largo y 0,16 cm de ancho. Los huevos son puestos en grietas en la superficie del suelo. Las larvas son blancas con una línea longitudinal oscura y la cabeza color marrón con mandíbulas bien desarrolladas. Los adultos son escarabajos pequeños (4-5 mm de largo), compactos, robustos, de forma óvalo-alargada, de color verde oscuro a negruzco con brillo metálico; los ángulos anteriores del tórax son finos y dirigidos hacia fuera, las patas son rojizo claro con la tibia media arqueada. Posee hábitos alimenticios nocturnos.

2.7.3. Melina

A nivel de follaje, los problemas más severos son producidos por la “hormiga zompopa” o “arriera” (*Atta spp.*) y las larvas de varias especies de mariposas de la familia Saturniidae. En América Central existen tres especies de estas hormiga: *Atta cephalotes*, *A. sexdens* y *A. colombica*. Los

obreros de las colonias cortan hojas en trozos más o menos circulares, que transportan hasta sus nidos, donde los trituran y usan como sustrato para cultivar un hongo (*Rozites gongylophora* Moeller) que constituye su alimento principal; las defoliaciones son generalmente muy severas y pueden causar la muerte de árboles recién establecidos (Pakos 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en el Centro de Investigación de Nuevas Tecnologías para la Amazonía (CINTA) dependiente del Área de Ciencias Biológicas y Naturales de la Universidad Amazónica de Pando, ubicado en el Km. 6 carretera Porvenir - Cobija.

Geográficamente está localizado en:

Comunidad	:	Gran Chaco
Municipio	:	Porvenir
Provincia	:	Nicolás Suárez
Departamento	:	Pando

Las coordenadas Geográficas son las siguientes:

Latitud Sur	:	05°30'90.1"
Longitud Oeste	:	87°61'51.8"
Altitud	:	236 m.s.n.m.

3.2. MATERIALES

Equipos y herramientas de campo:

Carretilla	Pala
Boca de lobo	Martillo
Machete	Hacha
Brocha	Balde
Cinta métrica	Desbrozadora
Estacas	

Materiales de escritorio y otros

Computadora e impresora	Cámara fotográfica
Cuadernillo de campo	Papel bond

Material vegetal e insumos:

Plántulas de Mara (*Swietenia macrophylla*), Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*), establecidas en el mes de febrero del año 2008.

3.3. TIPO DE ESTUDIO

Por las características de la investigación, el tipo de estudio adoptado es el siguiente:

Enfoque	:	Cuantitativo
Alcance	:	Analítico o explicativo
Según la secuencia:		Longitudinal

3.4. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS:

La población está constituida por todas las plántulas en crecimiento de las tres especies, la muestra consta de las plántulas evaluadas o sometidas a medición durante el periodo que es igual 100% del universo, es decir la muestra es igual al universo.

Cuadro N° 1. Población, muestra y unidad de análisis

Especies	Universo = Muestra	Unidad de Análisis
<i>Swietenia macrophylla</i>	89	Plántulas en desarrollo
<i>Tectona grandis</i>	45	
<i>Gmelina arborea</i>	45	

Fuente: Elaboración propia.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Cuadro N° 2

Matriz de Operacionalización de Variables

TIPO	VARIABLES	INDICADORES
V. independientes	Meses de estudio	Junio a Diciembre del 2009.
	Datos climáticos	Temperatura (°C) Precipitación pluvial (mm)
V. dependientes	Tasa de crecimiento	Altura de planta (cm) Diámetro del tallo (mm)
	Incidencia de plagas y enfermedades	Leve (menor a 10%) Moderado (10% a 20%) Severo (más de 20%)

Fuente: Elaboración propia.

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo de campo se inició el 23 de junio de 2009 con la limpieza del área donde estaban previamente establecidos las plantas de las especies. La primera limpieza se realizó siete días antes la primera medición, luego esta actividad se realizó con desbrozadora cada 30 días antes de cada medición de las variables.

Las siguientes actividades consistieron en la medición de las variables en estudio como se detalla a continuación:

3.7. TOMA DE DATOS

Datos meteorológicos:

Los datos correspondientes a la temperatura y precipitación pluvial durante el periodo de investigación, fueron obtenidos de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SEMAMHI) dependiente ASANA, el mismo que se halla disponible en la página web <http://www.senamhi.gob.bo>.

Datos edáficos:

Para determinar las principales características edáficas del área de estudio se realizó un muestreo del suelo de varios puntos del área experimental y mediante cuarteo se obtendrá una muestra de aproximadamente un kilogramo para su análisis en el laboratorio de suelos del Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) – Santa Cruz.

Altura de la planta:

Con la ayuda de un flexómetro, se midió la altura desde el nivel del suelo hasta el ápice del talluelo (en cm), cada 30 días, por un periodo de seis meses.

Diámetro del tallo:

Con la ayuda del calibrador de vernier se midió el diámetro del tallo, a 5 cm del nivel del suelo, cada 30 días después del transplante al lugar definitivo. Los valores fueron expresados en mm.

Incidencia de plagas y enfermedades:

La severidad de la incidencia de plagas y enfermedades fue evaluada en función al porcentaje de plantas atacadas.

3.8. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Se emplearon las técnicas estadísticas de:

- Medidas estadísticas de tendencia central (media aritmética), medidas de dispersión (desviación típica, coeficiente de varianza), para las variables cuantitativas altura de planta y diámetro de tallo.
- Distribución de frecuencias y tablas de contingencia para variables cualitativas como la incidencia de plaga y enfermedades.

El procesamiento de la información se realizó con la ayuda del paquete estadístico SPSS v. 11.5.

4. RESULTADOS

4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Los datos correspondientes a las temperaturas registradas durante el periodo de investigación, se detalla en el Cuadro N° 3, en el mismo se observa que la temperatura promedio fue de 26,4°C, la mínima media de 20,2°C y la máxima media de 32,5°C.

Cuadro N° 3

Registros de Temperatura y Precipitación Pluvial

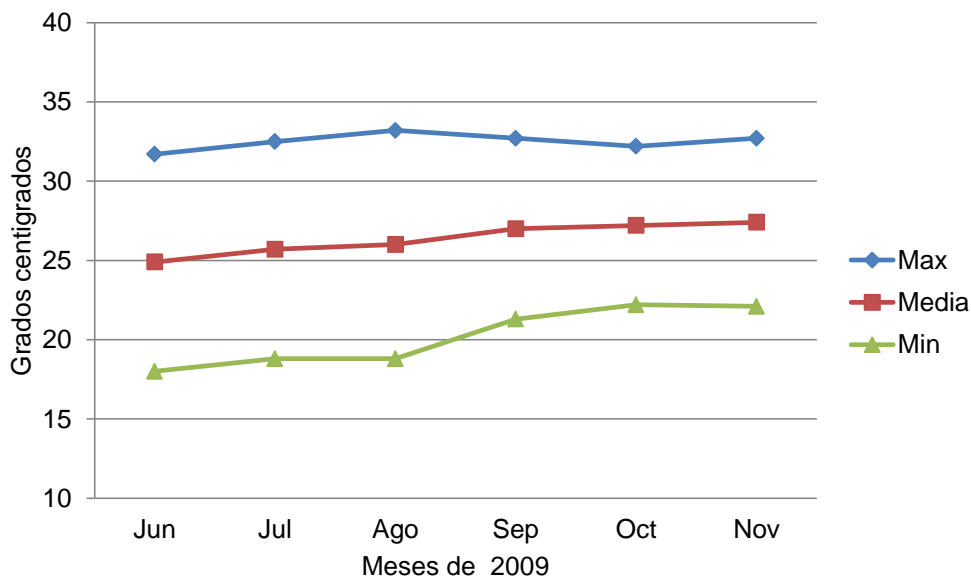
Meses	Temperaturas			Precipitación
	Mínima	Promedio	Máxima	
Junio	18,0	24,9	31,7	62,7
Julio	18,8	25,7	32,5	51,5
Agosto	18,8	26,0	33,2	64,4
Septiembre	21,3	27,0	32,7	93,5
Octubre	22,2	27,2	32,2	155,9
Noviembre	22,1	27,4	32,7	389,8
TOTAL				817,8
PROMEDIO	20,2	26,4	32,5	4,5

Fuente: <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (Fecha: 03/10/2013)

El Gráfico N° 1, permite observar que el mes de noviembre se registró la mayor temperatura, mientras que el mes de junio se registró la temperatura más baja.

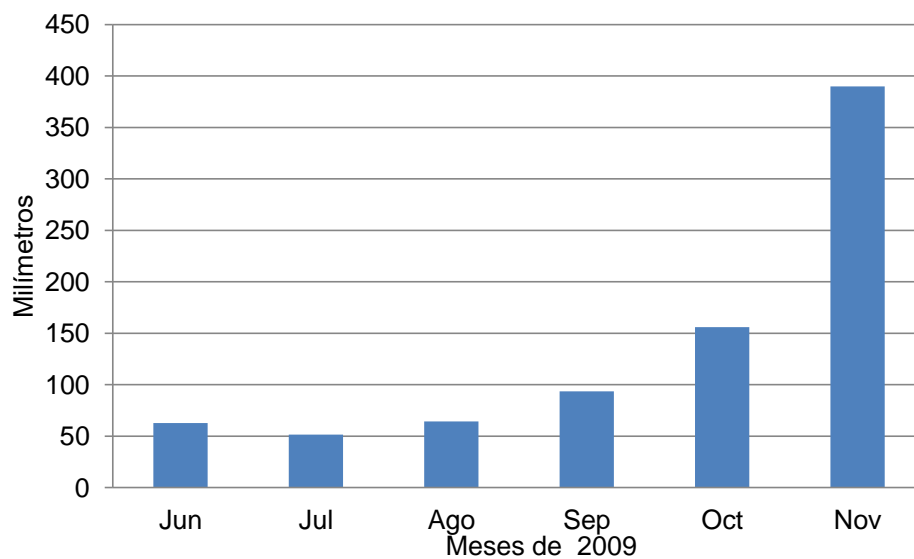
Los datos correspondientes a la precipitación pluvial que se detalla en el Cuadro N° 3 y Gráfico N° 2, indican que durante el periodo de estudio, se registró una precipitación total de 817,8 mm, equivalente a 3,5 mm/día.

Gráfico N° 1
Promedios de Temperatura, durante el estudio



En el gráfico siguiente se observa que el mes de julio se registró la menor precipitación con 51,5 mm, mientras que la máxima precipitación tuvo lugar en el mes de noviembre con 389,8 mm, esto debido a las características propias de la época de lluvias que se registra en la región.

Gráfico N° 2
Precipitación pluvial, registrada durante el estudio



4.2. CONDICIONES EDÁFICAS

Los resultados del análisis de suelo se muestran en el Cuadro N° 3, en el mismo se puede observar que el pH (potencial de hidrogeniones) es moderadamente ácido, con un contenido de bajo en Materia Orgánica, Fósforo y Potasio, en resumen de baja fertilidad.

Cuadro N° 4
Resultados del análisis de suelo del área experimental

COMPONENTES	PROPORCION	VALORACIÓN
Textura		
Arena	68%	Franco arenoso
Limo	17%	
Arcilla	15%	
Análisis químico		
Ph	5,5	Moderadamente ácido
Conductividad Eléctrica	39	Baja
Carbonatos Libres	A	Ausente
Bases Intercambiables		
Ca.	1,7	Media
Mg.	0,6	Media
Na.	0,07	Baja
K	0,27	Medio
TBI	2,6	
C.I.C.E.	2,8	Bajo
Saturación de Bases %	93,0	Alto
Acidez (cmol Kg.-1)	0,2	
Al. (cmol Kg.-1)	0,0	
P. (mg. Kg.-1)	3,0	Bajo
Material Orgánica (%)	2,2	Medio
N. Total (%)	0,08	Muy bajo

Fuente: Laboratorio de suelos CIAT – Santa Cruz.

4.3. CRECIMIENTO EN ALTURA

4.3.1. Altura de planta inicial

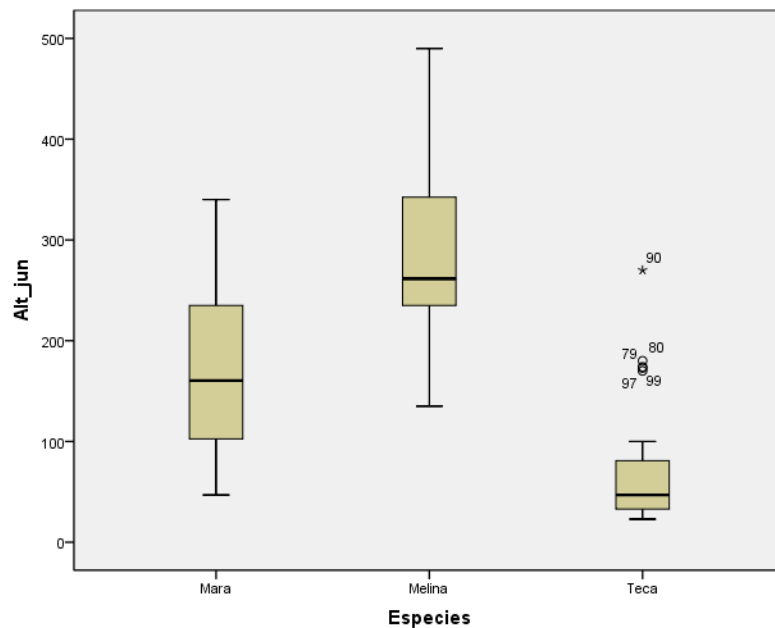
Los resultados de la primera medición de la altura de planta indican que la mayor altura corresponde a Melina (*Gmelina arborea*), mientras que la menor se observó en la Teca (*Tectona gnadis*).

Cuadro N° 5. Parámetros de la altura de planta inicial (cm)

Parámetros	Especies en estudio		
	Mara	Teca	Melina
Mínima	47,0	23,0	135,0
Media – s	87,1	10,0	205,0
Media	165,2	73,3	287,6
Media + s	243,3	340,0	340,0
Máxima	340,0	270,0	490,0
Rango	293,0	247,0	355,0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 3. Altura de planta inicial de tres especies forestales



4.3.2. Crecimiento en Altura

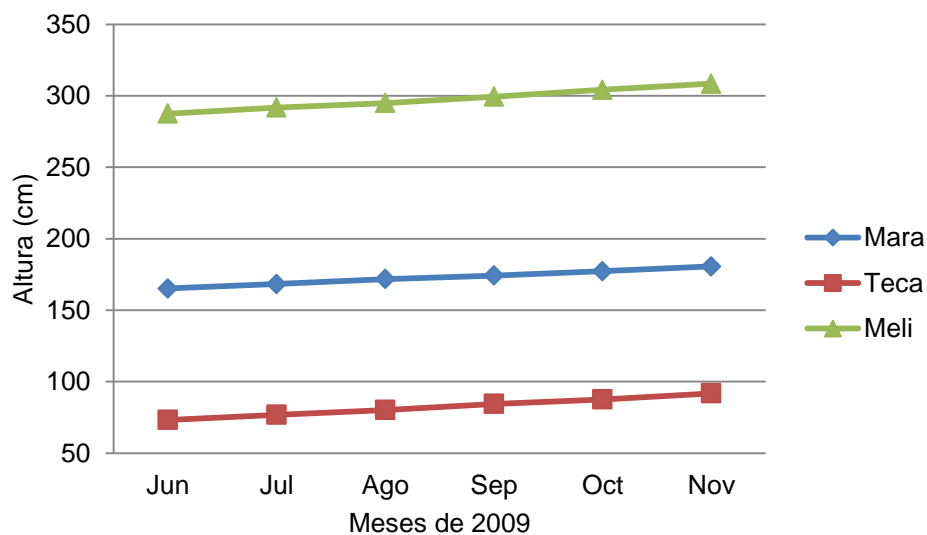
Los promedios de la medición de la altura de planta de los seis meses de estudio indican que el mayor crecimiento se observó en Melina (*Gmelina arbórea*) cuya altura pasó de 2,9 m a 3,1 m; mientras que el menor crecimiento se observó en la Teca (*Tectona grandis*), cuya altura paso de 0,7 m a 0,9 m en los seis meses de estudio.

Cuadro N° 6. Promedios de altura de planta (cm)

Especies	Meses de estudio					
	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Mara	165,2	168,3	171,8	174,2	177,3	180,6
Teca	73,3	76,8	80,1	84,4	87,6	91,9
Melina	287,6	291,8	294,9	299,4	304,2	308,4

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4. Promedios de altura de planta (cm)



4.3.3. Tasa de crecimiento mensual

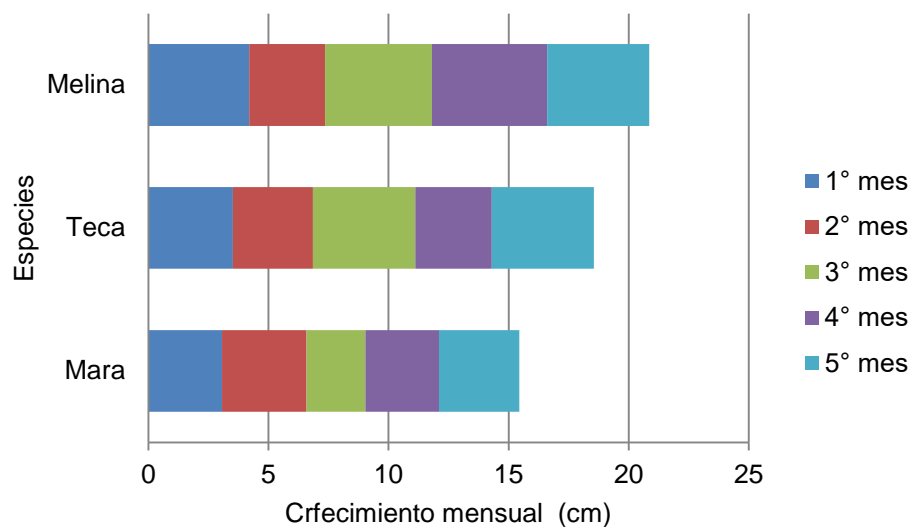
Las tasas de crecimiento mensual en altura de planta indican que en los seis meses de estudio Melina (*Gmelina arbórea*) incrementó en 20,9 cm, mientras que la Mara (*Switenia macrophylla*) en el mismo periodo de estudio, solo incrementó en 15,4 cm. Asimismo se observa que el menor crecimiento se registró durante los primeros meses y luego fue incrementando.

Cuadro N° 7. Tasas de crecimiento mensual en altura (cm)

Especies	Meses					Total
	1°	2°	3°	4°	5°	
Mara	3,1	3,5	2,5	3,1	3,3	15,4
Teca	3,5	3,3	4,3	3,2	4,3	18,6
Melina	4,2	3,1	4,5	4,8	4,3	20,9

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 5. Tasas de crecimiento mensual en altura (cm)



4.3.4. Altura de planta final

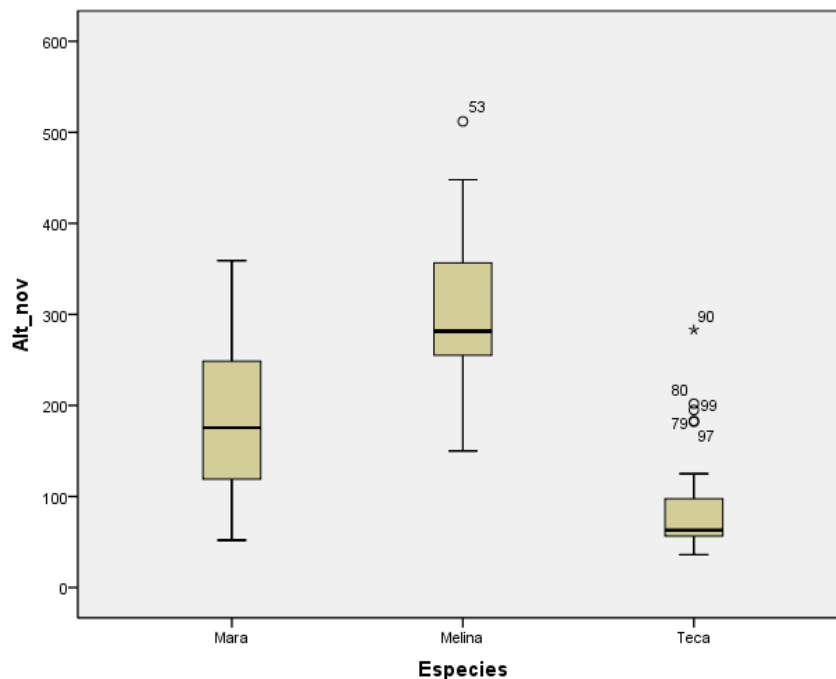
Los resultados de la última medición de la altura de planta, indican que el mayor promedio corresponde a Melina (*Gmelina arborea*), mientras que el menor promedio se observó en la Teca (*Tectona grandis*), como se observó en la medición inicial.

Cuadro N° 8. Parámetros de la altura de planta final (cm)

Parámetros	Especies en estudio		
	Mara	Teca	Melina
Mínima	52,0	36,0	150,0
Media – s	101,6	29,9	224,9
Media	180,6	91,9	308,4
Media + s	259,7	359,0	359,0
Máxima	359,0	283,0	512,0
Rango	307,0	247,0	362,0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 6. Parámetros de la altura de planta final (cm)



4.4. CRECIMIENTO EN DIÁMETRO

4.4.1. Diámetro de tallo inicial

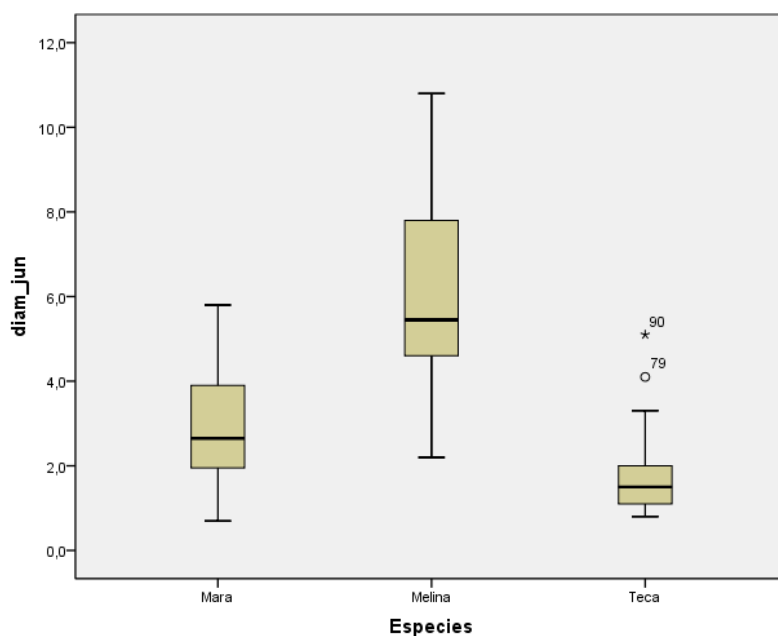
Los resultados de la medición inicial del diámetro de tallo, al igual que en la altura de planta corresponden a Melina (*Gmelina arbórea*), y la menor en Teca (*Tectona grandis*).

Cuadro N° 9. Parámetros del diámetro de tallo inicial (cm)

Parámetros	Especies en estudio		
	Mara	Teca	Melina
Mínima	0,7	0,8	2,2
Media – s	1,5	0,8	3,7
Media	2,8	1,8	6,2
Media + s	4,2	5,8	5,8
Máxima	5,8	5,1	10,8
Rango	5,1	4,3	8,6

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 7. Parámetros del diámetro de tallo inicial (cm)



4.4.2. Crecimiento en Diámetro de tallo

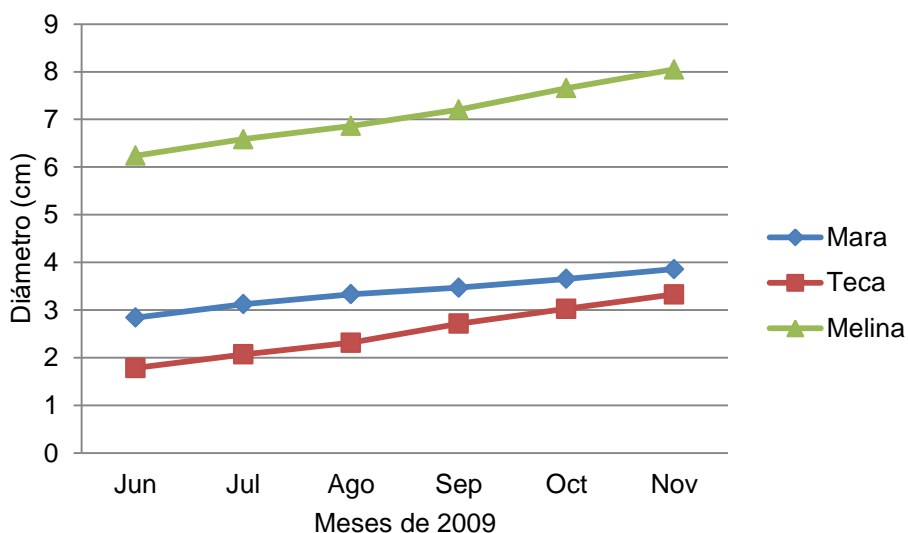
Los resultados indican que Melina (*Gmelina arborea*), pasó de 6,2 cm de diámetro en la primera medición a 8,1 cm en la última medición, mientras que la Teca (*Tectona grandis*) que es de menor crecimiento pasó de 2,8 cm a 3,9 cm.

Cuadro N° 10. Promedios de diámetro de tallo (cm)

Especies	Meses de estudio					
	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Mara	2,8	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9
Teca	1,8	2,1	2,3	2,7	3,0	3,3
Melina	6,2	6,6	6,9	7,2	7,7	8,1

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 8. Promedios de diámetro de tallo (cm)



4.4.3. Tasa de crecimiento mensual

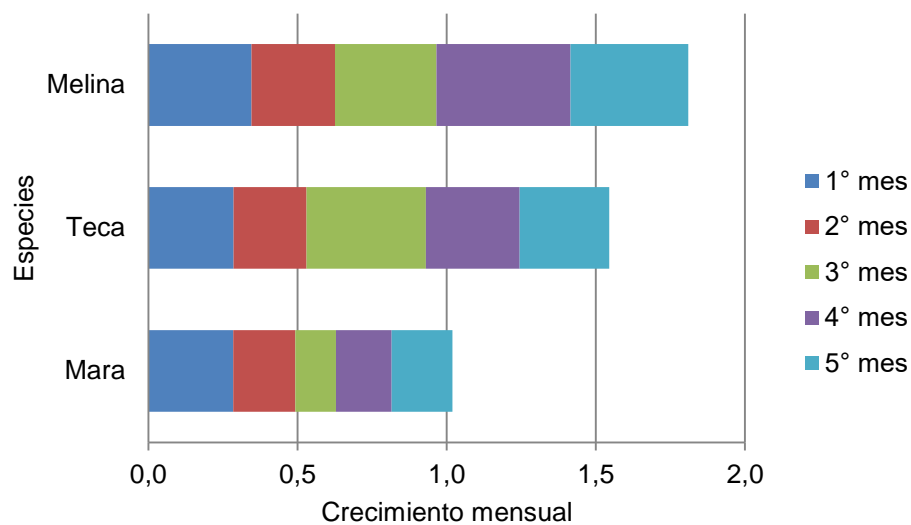
Las tasas de crecimiento mensual en diámetro de tallo registraron un crecimiento absoluto de 0,36 cm/mes en Melina (*Gmelina arborea*) y 0,20 cm/mes den la Mara, como se observa en el gráfico siguiente. Comparando entre los meses de estudio, el menor crecimiento se observó en los primeros meses, la misma que fue incrementando en los próximos meses.

Cuadro N°11. Tasas de crecimiento mensual diámetro (cm)

Especies	Meses					Total
	1°	2°	3°	4°	5°	
Mara	0,28	0,21	0,14	0,19	0,20	1,02
Teca	0,29	0,24	0,40	0,31	0,30	1,54
Melina	0,35	0,28	0,34	0,45	0,39	1,81

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 9. Tasas de crecimiento mensual en altura (cm)



4.4.4. Diámetro de tallo final

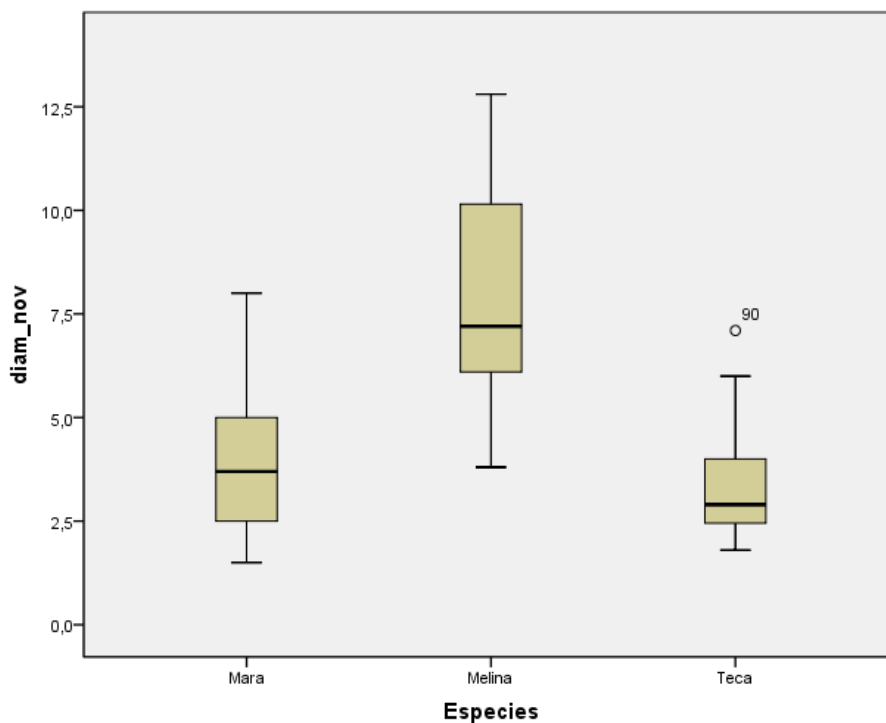
Los resultados de la última medición del diámetro de tallo, al igual que en la primera medición, indican que el mayor diámetro corresponde a Melina (*Gmelina arbórea*) y la menor a Teca (*Tectona grandis*).

Cuadro N° 12. Parámetros del diámetro de tallo final (cm)

Parámetros	Especies en estudio		
	Mara	Teca	Melina
Mínima	1,5	1,8	3,8
Media – s	2,3	2,1	5,5
Media	3,9	3,3	8,1
Media + s	5,5	8,0	8,0
Máxima	8,0	7,1	12,8
Rango	6,5	5,3	9,0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 10. Parámetros del diámetro de tallo final (cm)



4.5. MORTALIDAD DE PLANTAS Y SUS CAUSAS

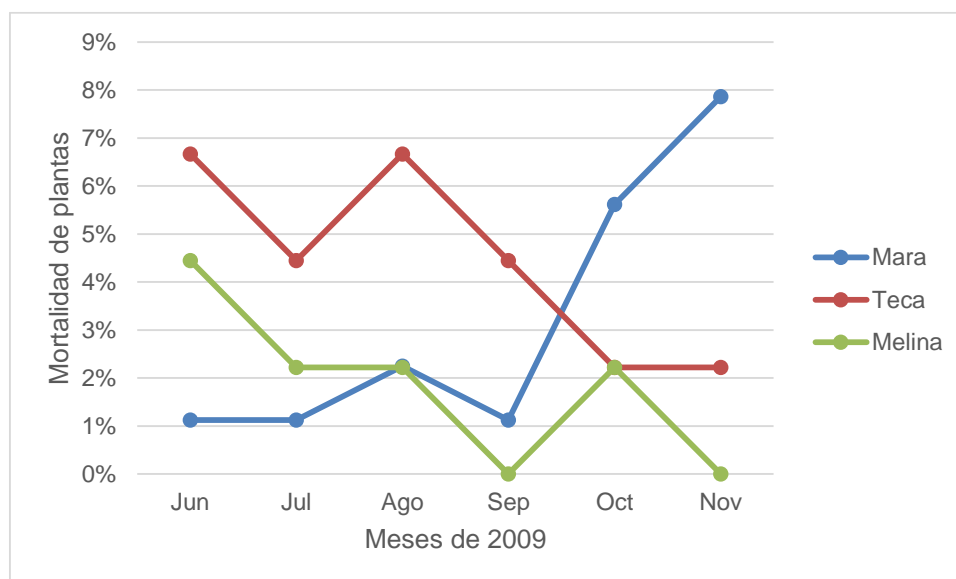
En cuadro siguiente se muestran el número de plantas muertas durante el periodo de estudio.

Cuadro N° 13. Mortalidad de plantas durante el periodo de estudio

Especies		Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Mara	N°	1	1	2	1	5	7
	%	1,1%	1,1%	2,2%	1,1%	5,6%	7,9%
	N° Acum.	1	2	4	5	10	17
	% Acum.	1,1%	2,2%	4,5%	5,6%	11,2%	19,1%
Teca	N°	3	2	3	2	1	1
	%	6,7%	4,4%	6,7%	4,4%	2,2%	2,2%
	N° Acum.	3	5	8	10	11	12
	% Acum.	6,7%	11,1%	17,8%	22,2%	24,4%	26,7%
Melina	N°	2	1	1	0	1	0
	%	4,4%	2,2%	2,2%	0,0%	2,2%	0,0%
	N° Acum.	2	3	4	4	5	5
	% Acum.	4,4%	6,7%	8,9%	8,9%	11,1%	11,1%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 11. Mortalidad de plantas



Los resultados anteriores indican que la mayor mortalidad se produjo en la Mara (*Swietenia macrophylla*), seguido por Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*) con la menor mortalidad.

Las causas de la mortalidad varía significativamente entre la Mara respecto a las otras dos especies (Melina y Teca).

La principal causa de la mortalidad en la Mara fue la presencia del insecto *Hypsiphylia grandella*, que se presenta al inicio de la época de lluvia.

En las otras dos especies cuya mortalidad fue menor, estuvo en función de la precipitación pluvial o humedad del suelo, toda vez que en la época seca se registraron el mayor porcentaje de mortalidad y fue disminuyendo a medida que fue incrementando la precipitación pluvial.

5. DISCUSIÓN

5.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

La Mara crece mejor y alcanza su tamaño mayor bajo las condiciones climáticas encontradas en la zona de vida tropical seca. La zona de vida está limitada por una temperatura anual promedio de 24°C o más, una precipitación anual promedio de 1.000 a 2.000 mm (Ugamoto y Pinedo 1986).

La Teca tolera una gran variedad de climas pero crece mejor en condiciones tropicales moderadamente húmedas y calientes. Gran parte del área de distribución natural de la Teca se caracteriza por climas de tipo monzonal, con una precipitación de entre 1.300 y 2.500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses. La cantidad de lluvia óptima para la Teca es de entre 1.500 a 2.000 mm por año, pero soporta precipitaciones tan bajas como de 500 mm y tan altas como de 5.100 mm por año (Salazar et. al 1974).

La Melina crece de manera natural entre el nivel del mar y los 900 metros, creciendo favorablemente en zonas de bosque seco tropical, bosque húmedo tropical o bosque muy húmedo tropical, generalmente entre los 24 y 35 grados y a partir de los 900 metros hasta los 1.500 metros sobre el nivel del mar (www.revista-MM.com).

Durante el periodo de investigación la temperatura promedio fue de 26,4°C, la mínima media de 20,2°C y la máxima media de 32,5°C, la precipitación pluvial total fue de 817,8 mm, equivalente a 3,5 mm/día. El mes de julio se registró la menor precipitación con 51,5 mm, mientras que la máxima precipitación tuvo lugar en el mes de noviembre con 389,8 mm.

Las condiciones climáticas registradas durante el periodo de estudio estuvieron enmarcadas entre los parámetros requeridos por las tres

especies, por lo que es afirmar que el área de estudio se adecua para el establecimiento de las tres especies en estudio como son: Mara (*Swietenia macrophylla* King.), Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*).

5.2. CONDICIONES EDÁFICAS

La Mara, bajo condiciones de plantación, ha mostrado un crecimiento satisfactorio en suelos erosionados y deficientes en fósforo; en suelos lateríticos pobres y cascajosos formados por la descomposición de gneiss; en suelos lateríticos desintegrados (pero no desnudos); en suelos ándicos; en arcillas ácidas y profundas, y en suelos arcillosos derivados de piedra caliza (Marquetti, et al. 1975).

La Teca, se establece sobre una variedad de suelos y formaciones geológicas, pero el mejor crecimiento ocurre en suelos aluviales profundos, porosos, fértiles y bien drenados, con un pH neutral o ácido. Tolera condiciones de suelo muy extremas, siempre que exista suficiente drenaje.

Por su parte, Melina crece en suelos livianos o pesados, de reacción ácida a alcalina, ricos en nutrientes y con buenas condiciones de drenaje y luz (www.revista-MM.com).

Los resultados del análisis de suelo indican que el pH (potencial de hidrogeniones) es moderadamente ácido, con un contenido de bajo en materia orgánica, fósforo y potasio, en resumen de baja fertilidad. Estas características indican que el área experimental presenta una baja fertilidad, situación que requiere nuevos estudios orientados a mejorar los contenidos de macro y micronutrientes en el suelo que permitan un mayor desarrollo de las especies forestales.

5.3. CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO

Bajo condiciones forestales, el crecimiento de las plántulas de *Swietenia macrophylla* es mucho más lento que en el vivero, con unas alturas de

alrededor de 15 cm alcanzándose en un período de 6 meses a 1 año (Lamb, 1966).

En plantación alcanzaron unas alturas de 6,5 m en 3 años, 9,3 m en 5 años y 11,4 m en 7 años. En un área con una alta precipitación en Sri Lanka, una plantación de 15 años de edad alcanzó una altura de 16 m, y otra extensa plantación alcanzó un diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio de 58 cm en 50 años. En otra plantación de caoba en Puerto Rico, cuatro parcelas de 23 a 26 años de edad tuvieron un incremento anual promedio en el DAP de $0,94 \pm 0,01$ cm por año (Burgos, 1994).

En Parcelas Permanentes de Muestreo (La Chonta) la condiciones de regeneración natural presenta un crecimiento en diámetro de $1,01 \pm 0,006$ cm/año (IBIF, 2011). Los resultados de la presente investigación son relativamente superiores (1,02 cm en 6 meses) a las que se registran en La Chonta, debido a que las mediciones se realizaron antes de los dos años.

Ferreira (2010), indica que en tres años, las plantas de Teca establecidas en lugar definitivo alcanzan alturas que varían de 1,34 m hasta 6,30 m con un promedio de 4,60 m; mientras que el diámetro varió de 3,1 cm hasta 23 cm con un promedio de 16,4 cm.

En el presente estudio las plantas de Teca registraron un diámetro de 3,3 cm en los 15 meses de crecimiento en sitio definitivo, estos valores son relativamente inferiores a lo indicado en la bibliografía en Bolivia que menciona que individuos de 2 meses a 1 año registraron crecimientos de 3,59 a 12,69 cm, debido a la baja fertilidad de los suelos del departamento Pando.

Respecto a la Melina, es una de las especies con mayor potencial de crecimiento. En sitios óptimos para su cultivo, esta especie puede alcanzar rendimientos de hasta 30 m³/ha/año (Agus *et al*, 2000). En algunos casos se han reportado rendimientos de hasta 38 m³/ha/año (Soerianegara y Lemmens, 1993).

En la presente investigación, los promedios de la medición de la altura de planta de los seis meses de estudio indican que el mayor crecimiento se observó en Melina (*Gmelina arbórea*) cuya altura pasó de 2,9 m a 3,1 m; mientras que el menor crecimiento se observó en la Teca (*Tectona grandis*), cuya altura paso de 0,7 m a 0,9 m en los seis meses de estudio; En tanto que en diámetro de tallo, Melina (*Gmelina arbórea*), pasó de 6,2 cm de diámetro en la primera medición a 8,1 cm en la última medición, mientras que la Teca (*Tectona grandis*) que es de menor crecimiento pasó de 2,8 cm a 3,9 cm.

Estos resultados indican que el crecimiento de las especies en estudio fueron diferentes, la Melina (*Gmelina arbórea*), que presentó la mayor tasa de crecimiento se adaptó a las condiciones climáticas y edáficas del área de estudio, mientras que la Mara (*Switenia macrophylla* King.) y Teca (*Tectona grandis*), fueron influidos negativamente por la baja fertilidad del suelo.

En la presente investigación las plantas de *Gmelina arbórea* alcanzaron un máximo de 5,1 m en altura a los 15 meses con una tasa de crecimiento máximo de 20,9 cm por semestre, estos resultados son relativamente inferiores a los obtenidos en Santa Cruz de la Sierra (IBIF, 2011), donde en dos años alcanzaron 7,9 m de altura.

5.4. DAÑOS Y MORTALIDAD DE PLANTAS

El taladrador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller), es una plaga económica importante de la Caoba (Mara), y ha sido el objetivo de investigaciones en muchos países tropicales. Es la única especie de *Hypsipyla* en Florida y América Central donde se desarrolla naturalmente y es establecido artificialmente como programas de reforestación y parte de sistemas agroforestales. (Floyd y Hauxwell 2001).

CATIE 1986 afirma que en la Teca, el defoliador *Rabdopterus* sp., es una especie polífaga de la familia Chrysomelidae (Orden Coleóptera). Los adultos se alimentan de follaje de la Teca, produciendo perforaciones

características de forma elongada y curva de aproximadamente 1,3 de largo y 0,16 cm de ancho.

En la Melina (*Gmelina arbórea*), a nivel de follaje, los problemas más severos son producidos por la “hormiga zompopa” o “arriera” (*Atta spp.*) y las larvas de varias especies de mariposas de la familia Saturniidae. En América Central existen tres especies de estas hormiga: *Atta cephalotes*, *A. sexdens* y *A. colombica*. Los obreros de las colonias cortan hojas en trozos más o menos circulares, que transportan hasta sus nidos, donde los trituran y usan como sustrato para cultivar un hongo (*Rozites gongylophora*) que constituye su alimento principal; las defoliaciones son generalmente muy severas y pueden causar la muerte de las plantas (CATIE, 1991).

En la presente investigación, la principal causa de la mortalidad de plantas de Mara (*Swietenia macrophylla* King.) fue la presencia de la *Hypsipyla grandella* que es favorecida por la época de lluvias, en consecuencia la mayor mortalidad se produjo en los últimos meses. Mientras que en la Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arbórea*) en las que la mortalidad fue menor, se debió a la escases de humedad en el suelo y en consecuencia la mayor proporción de plántulas se produjo en los primeros meses (julio y agosto).

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, el análisis e interpretación de los mismos, permiten efectuar las siguientes conclusiones:

- Las condiciones climáticas del área de estudio, caracterizadas por una temperatura promedio de 26,4°C, mínima media de 20,2°C y máxima media de 32,5°C, precipitación pluvial de 817,8 mm, equivalente a 3,5 mm/día, fueron favorables para el crecimiento de las tres especies forestales, toda vez que están enmarcados en los requerimientos de estas especies. Las condiciones edáficas del área de estudio caracterizada por un pH moderadamente ácido, con bajos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, constituyeron una limitante para el crecimiento de las especies forestales en estudio, considerando que estas especies se desarrollan mejor en suelos más fértiles.
- Los promedios de la medición de la altura de planta de los seis meses de estudio indican que el mayor crecimiento se observó en Melina (*Gmelina arbórea*) cuya altura pasó de 2,9 m a 3,1 m y el diámetro pasó de 6,2 cm a 8,1 cm; mientras que el menor crecimiento se observó en la Teca (*Tectona grandis*), cuya altura paso de 0,7 m a 0,9 m y el diámetro pasó 2,8 a 3,9 cm en los seis meses de estudio, la Mara (*Swietenia macrophylla* King), registró un crecimiento intermedio pasando de 1,65 a 1,81 m en altura y 2,8 a 3,9 cm en diámetro de tallo. En general estos valores de crecimiento son inferiores a los mencionados por la bibliografía, debido a la baja fertilidad que caracteriza a los suelos del departamento Pando.
- La mayor mortalidad de plantas se observó en la Mara con 19,1% de plantas muertas causada por el ataque de la *Hypsipyra grandella* que a su vez fue favorecida por la época de lluvias, mientras que en la Teca (26,7%) y Melina (11,1%), la mortalidad se debió a falta de humedad en el suelo, es decir la mayor mortalidad se produjo en los meses secos.

7. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados de la presente investigación, la autora se permite efectuar las siguientes recomendaciones:

- Considerando que los suelos de área degradada de la región presentan baja fertilidad y pasan a ser limitantes para el crecimiento de las especies forestales, se recomienda realizar nuevas investigaciones mejorando la fertilidad de los suelos, estas pueden ser en sistemas agroforestales en los que se contemple especies de leguminosas como el Frijol o pasturas como la Mucuna.
- También es recomendable que en todo programa de reforestación utilizando cualquiera de las especies estudiadas en la presente investigación se debe efectuar un análisis previo de la fertilidad del suelo, en casos necesarios implementar prácticas como las indicadas en el anterior punto o desechar las áreas de baja fertilidad y seleccionar aquellas de mayor fertilidad.
- Otro factor que determinó la alta mortalidad en la Mara fue la incidencia del insecto *Hypsipyla grandella*, se recomienda realizar nuevas investigaciones aplicando tratamientos silviculturales que minimicen su presencia como la práctica de control biológico del insecto, manejo integrado de plagas, etc. También es posible utilizar especies vegetales no hospederas o repelentes de este insecto.
- Finalmente se recomienda difundir los resultados de la presente investigación, para que sean tomado en cuenta por las instituciones responsables del desarrollo forestal en la región o aquellas encargadas de promover el desarrollo productivo a nivel municipal o departamental.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Alcorn, J.B. 1990. Indigenous Agroforestry Strategies Meeting Farmers' Needs.
- Araya E; Murillo, O; Aguilar, G; Rocha,O; Woolbright, S; Keim, P. 2005. Possibilities of Breeding Teak (*Tectona grandis*) in Costa Rica Assisted by AFL markers kurú 2(5).
- Bauer, G.P. 1987. *Swietenia macrophylla* and *Swietenia macrophylla* X *Swietenia mahagoni* development and growth: the nursery phase and the establishment phase in line planting in the Caribbean National Forest, Puerto Rico. Syracuse, NY: College of Environmental Science and Forestry, State University of New York. 310 p. Tesis de M.S.
- CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Turrialba, CR, CATIE. 220 p. (Informe Técnico N° 86).
- Castro, D., Díaz, J y Yépez, A. (2003). Investigaciones en Melina (*Gmelina arborea* Linn.) Universidad católica de oriente, cap. 5. 51-70.
- DHV. 1993. Forest resources Inventory. Estudios Agroecológicos, forestales y socio-económicos en la región de la castaña de la Amazonía boliviana, Volumen B. DHV, La Paz.
- Downs, G. 2003. Estudio tecnológico de la madera de *Gmelina arborea* ROXB., proveniente de plantaciones jóvenes del estado de Campeche, México.
- Friday, K. S. 1987. Site index curves for Teak. Commonwealth Forestry Review 66(3): 239-253.
- IBIF (2011). Densidad poblacional y efecto del aprovechamiento forestal en la regeneración natural y el crecimiento diamétrico de la Mara (*Swietenia macrophylla* King). Instituto Boliviano de Investigación Forestal. Santa Cruz. Bolivia.

- Instalación de Parcelas Permanentes de Monitoreo en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.F) en el departamento de Santa Cruz (s.f.).
- Irmay, H. 1984. La caoba (*S. macrophylla* King) en Costa Rica. *Caribbean Forester*. 10(1): 43-52.
- Lamb, A. 1957. Teak (Trinidad). *Tropical Silviculture*, Vol. II FAO, Forestry and Forest Products Studies, No. 13 Rome. 179-186 p
- Marquetti, J.R.; Gianza, M.A.; Leon Acosta, J.L.; Monteagudo, R. 1975. Algunos aspectos del comportamiento genético de las Swietenias. *Baracoa*. 5(1/2): 1-27.
- Mothes, M; Cuevas, E; Franco, W. 1991. Limitación nutricional por fósforo en plantaciones de Teca (*Tectona grandis*), en los Llanos Occidentales venezolanos. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 17:309- 315.
- Obregón C. s.f. *Gmelina arbórea* Versatilidad, Renovación y Productividad Sostenible para el Futuro. (En línea). Fecha de consulta: 10 octubre de 2013. Disponible en: www.revista-MM.com.
- OFI-CATIE s.f. Árboles de Centroamérica. Meliaceae. *Swietenia macrophylla* King.
- Pakos P V. 2012. Comportamiento y manejo de *Gmelina arborea* Roxb., en Zamorano Honduras.
- Rodríguez L. 1999. Análisis de crecimiento de Caoba (*Swietenia macrophylla* King) asociada con tres diferentes especies de *Inga spp*. En la región tropical húmeda de Costa Rica. Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agricultura de la región tropical húmeda. Guácimo, Costa Rica.
- Rodríguez, M A. 1993. El cultivo de la Teca (*Tectona grandis*) en Venezuela: informe general y resultados preliminares de algunos ensayos de crecimiento. *Revista Forestal Venezolana (Ven.)* 6(8-9):49-72.
- Rojas F, Arias D, Moya R, Meza A, Murillo O y Arguedas M. 2004. Manual para productores de Melina *Gmelina arborea* en Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

- Salazar F., Rodolfo; Albertin, Waldemar. 1974. Requerimientos edáficos y climáticos para *Tectona grandis*. Turrialba. 24(1): 66-71.
- Seth, SK; Yadav, JPS. 1959. Teak soils. Indian Forester (India) 85(1):2-16.
- Ugamoto, M.; Pinedo, J. 1986. Ensayo de germinación de veinticuatro especies forestales de la zona forestal Alexander von Humboldt. Nota Técnica 6. Pucallpa, Perú: Centro Forestal y de Fauna (CENFOR XII), Dirección de Investigación y Capacitación. 19 p.
- Vallejos, I O. 1996. Productividad y relaciones de Índice de Sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L. f, *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 147 p.
- Weaver, P. 1993. *Tectona grandis*. L.f Teak. SO-ITF-SM-64. New Orleans, LA: US. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experimental Station. 18 p.
- ZONISIG, 1997. Zonificación Agroecológica y Socio económica y perfil ambiental del Departamento de Pando. Impreso en Bolivia 159 P.