

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL



COMPARAR EL EFECTO DEL CRECIMIENTO DE LA MELINA (*Gmelina arborea Roxb.*) Y LA TECA (*Tectona grandis L.f.*), SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA AMAZONIA-CINTA

TESISTA: Univ. Patricia Tolaba Cardozo

ASESOR: Ing. Agrof. David Gómez Roca

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

COBIJA – PANDO – BOLIVIA

Noviembre - 2018

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

COMPARAR EL EFECTO DEL CRECIMIENTO DE LA MELINA (*Gmelina arborea Roxb.*) Y LA TECA (*Tectona grandis L.f.*), SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA AMAZONIA-CINTA

(HOJA DE APROBACIÓN)

AUTOR: Patricia Tolaba Cardozo

INICIO: 04 de julio del 2015

CONCLUSIÓN: 31 de enero del 2016

APROBACIÓN

FECHA

Fecha de recepción del examen

TRIBUNALES

APROBACIÓN

FIRMA

Ing. Dunia Calderón Vaca

Lic. Benicia Becerra Baptista

Ing. Agrof. David Gómez Roca

ASESOR

BIOGRAFÍA

Patricia Tolaba Cardozo, de nacionalidad boliviana, nacido el 10 de diciembre del año 1.981 en el Departamento de Tarija-Cercado, hija de la Señora Lola Cardozo Garzón.

Realizo sus estudios Primarios en la Escuela Cobija (básico), e Intermedio en el Colegio “Dr. Antonio Vaca Diez”, y sus estudios secundarios, en el Colegio “Dr. Antonio Vaca Diez” y “Juan XXIII Fe y Alegría”. En el Municipio de Cobija – Pando. Culminando en el año 1999.

Inició sus estudios superiores en la Universidad Amazónica de Pando, ingresando a la Carrera de Ingeniería Ambiental, del Área de Ciencias Biológicas y Naturales, en el año 2008, culminando sus estudios en diciembre del 2018.

DEDICATORIA

A Dios, por ser el guía espiritual para mi crecimiento tanto intelectual como moral.

A mi madre, Lola Cardozo Garzón, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que soy es gracias a ella.

A mi hermana, por su apoyo incondicional que me brindo.

A mis hijas Yoseline, Abigail y mi sobrina Carolay, por impulsarme a seguir adelante y alcanzar mis metas.

A mi Abuela, tíos, por apoyarme siempre.

A mis docentes, por sus consejos, enseñanzas y dedicación, en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi Asesor el Ing. David Gómez Roca, por su apoyo constante e incondicional que me brindo para que este documento final sea posible.

A todos los Docentes de la Carrera de Ing. Ambiental, por brindarme sus conocimientos y experiencias, haciendo de mi una persona de bien.

A la Universidad Amazónica de Pando (U.A.P.), por abrirme sus puertas hasta la culminación de mis estudios.

Y a todos mis compañeros de carrera por brindarme su amistad y ayuda durante la vida Universitaria.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “COMPARAR EL EFECTO DEL CRECIMIENTO DE LA MELINA (*Gmelina arborea Roxb.*) Y LA TECA (*Tectona grandis L.f.*), SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA AMAZONIA-CINTA, dependiente del Área de Ciencias Biológicas y Naturales, perteneciente a la Universidad Amazónica de Pando, ubicado en zona rural Comunidad Gran Chaco del Municipio de Porvenir del Departamento Pando, se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros de la ciudad de Cobija, geográficamente está situado entre 87°6'15" de Longitud oeste y 05°30'90" Latitud Sur y una temperatura media anual de 26 °C, con una precipitación promedio anual de 1812 mm, y una altitud de 236 m.s.n.m. El mismo tuvo como objetivos específicos, a). Determinar el nivel de aporte de nutrientes de la Melina y teca sobre las propiedades físicas y químicas del suelo; b). Comparar los niveles de aporte de la melina y teca durante el estudio y c). Evaluar el nivel de fertilidad de la melina (*Gmelina arborea Roxb.*) y la Teca (*Tectona grandis L.f.*) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. El material vegetativo que se utilizó en la presente investigación fueron las plantas de tecas y melinas sembradas hace 9 años en el CINTA. El trabajo de investigación tuvo una duración de 212 días, inicio el 04 de julio del 2015, fecha en que se inició con el primer muestreo de suelo del área de estudio, las principales actividades fueron: cuantificación de todas las plantas de tecas y melinas, medición de todo el perímetro de la parcela, y obtención de las submuestras de suelos, de donde se obtuvo la muestra representativa misma que fue enviada al laboratorio de Análisis Físico-Químico de Suelos del Área de Ciencias Biológicas y Naturales, culminando el trabajo en fecha 31 de enero del 2016, Los resultados obtenidos fueron transcritos en una base de datos de Excel. Posteriormente haciendo uso de este, se efectuó el análisis de los niveles de fertilidad de la teca en el suelo, se recomienda al agricultor

campesino de nuestra región sembrar estas dos especies en áreas degradadas ya que mejoran las características físicas y químicas de los suelos e Implementar la teca y la melina en asociación en los sistemas agroforestales.

Palabras claves: *Tectona grandis L.f.*, *Gmelina arborea Roxb.*, fertilidad.

SUMMARY

The present titled investigation work to COMPARE THE EFFECT OF THE GROWTH OF THE MELINA (*arboreal Gmelina Roxb.*) AND THE TEAK (*Tectona grandis L.f.*), ABOUT THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE FLOOR, IN THE CENTER OF INVESTIGATION OF NEW TECHNOLOGIES FOR THE AMAZONIA-TAPE, clerk of the Area of Biological and Natural Sciences, belonging to the Amazon University of Pando, located in area rural Great Community Chaco of the Municipality of Future of the Department Pando, is approximately to 30 kilometers of the city of it Covers, geographically it is located between 87°6'15" of Longitude west and 05°30'90" South Latitude and an annual half temperature of 26 °C, with a precipitation I average yearly of 1812 mm, and an altitude of 236 m.s.n.m. The same one had as specific objectives, to). to determine the contribution level of nutritious of the Melina and teak about the physical and chemical properties of the floor; b). to Compare the levels of contribution of the melina and teak during the study and c). to Evaluate the level of fertility of the melina (*arboreal Gmelina Roxb.*) and the Teak (*Tectona grandis L.f.*) about the physical and chemical properties of the floor. The vegetative material that was used in the present investigation was the plants of teaks and melinas had sowed for 9 years in the TAPE. The investigation work had a duration of 212 days, beginning July 04 the 2015, it dates in that began with the first sampling of floor of the study area, the main activities were: quantification of all the plants of teaks and melinas, mensuration of the whole perimeter of the parcel, and obtaining of the sub-samples of floors, of where the same representative sample was obtained that correspondent went to the laboratory of Physical-chemical Analysis of Floors of the Area of Biological and Natural Sciences, culminating the work in date January 31 the 2016, The obtained results were transcribed in a database of Excel. Later on making use of this, the analysis of the levels of fertility of the teak was made in the floor, it is recommended the rural farmer of our region to sow these two species in areas

you degrade since they improve the physical and chemical characteristics of the floors and to Implement the teak and the melina in association in the systems agroforestales.

Key words: *Tectona grandis* L.f., arboreal *Gmelina* Roxb., fertility.

ÍNDICE

		Pág.
	HOJA DE APROBACIÓN	I
	DEDICATORIA	II
	AGRADECIMIENTOS	III
	ÍNDICE	IV
	LISTA DE CUADROS	IX
	LISTA DE GRÁFICOS	XI
	RESUMEN	XII
	SUMMARY	XIV
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.2.	Clasificación Taxonómica de la teca	6
2.3.	Descripción Botánica	7
2.4.	Ecológicos y distribución de la Especie	7
2.7.	Requerimiento edáficos	7
2.8.	Factores limitantes de crecimiento	8
2.9.	Los suelos bajo las plantaciones de teca	8
2.10.	La influencia de los árboles y las plantaciones forestales sobre el suelo	10
2.11.	Los requerimientos de la teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.) como	

	especie y como cultivo	14
2.12.	Características edafoclimáticas	17
	Análisis químico de suelo y foliar	18
2.13.	Factores de manejo	20
2.14.	Análisis de suelo	21
	Clasificación taxonómica de la Melina	21
	Descripción botánica	22
	Suelo	24
	Requerimientos ambientales	25
	Corrección de acidez	26
	Sitios óptimos de desarrollo	26
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1.	UBICACIÓN DEL ENSAYO	27
3.2.	DURACIÓN DEL TRABAJO	28
3.3.	MATERIALES	28
3.3.1.	Material vegetativo	28
3.3.2.	Herramientas de Campo	28
3.3.3.	Materiales de Escritorio	28
3.4.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	29
3.4.1.	Reconocimiento del Terreno	29
3.4.2.	Medición de la parcela	29
3.4.3.	Muestreo del suelo	29

3.4.4.	Análisis de datos	30
4.	RESULTADOS	31
4.1.	DATOS METEOROLÓGICOS	31
4.2.	PRIMER RESULTADO DE ANALISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS	33
4.3.	SEGUNDO RESULTADO DE ANALISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS	35
4.4.	TERCER RESULTADO DE ANALISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS	37
	Comparación de pH del suelo y el Aluminio en plantaciones de Tecas	39
	Comparación de pH del suelo y el Aluminio en plantaciones de Melinas	40
	Comparación del aporte de nutrientes sobre el suelo de la Teca	41
	Comparación	42
	Comparación del aporte de nutrientes sobre el suelo de la Melina	43
	Comparación del aporte de nutrientes sobre el suelo de la Melina	44
5.	DISCUSIÓN	46
5.1.	Datos meteorológicos	46
5.2.	Suelo y ph	47
5.3.	Físicos y químicos	47
6.	CONCLUSIÓN	50

7.	RECOMENDACIONES	51
8.	BIBLIOGRAFÍA	52
	ANEXO	
	ANEXO N°1 Fotografías	57

LISTA DE CUADROS

N°	Título	Pág.
1.	Parámetros y métodos del análisis físico-químico del suelo	30
2.	Registro de promedios mensuales de temperatura y precipitación pluvial durante la investigación	31
3.	Primer resultado de análisis de laboratorio para el cultivo de la Teca	34
4.	Segundo resultado de análisis de laboratorio para el cultivo de la Teca	36
5.	Tercer resultado de análisis de laboratorio para el cultivo de la Teca	38

LISTA DE GRÁFICOS

N°	Título	Pág.
1.	Promedios de Temperatura, durante el estudio	32
2.	Precipitación pluvial, registrada durante el estudio	33
3.	Comparación del pH sobre el suelo	40
4.	Comparación del aporte de nutrientes sobre las propiedades físicas y químicas del suelo	42

1. INTRODUCCIÓN

El Centro de Investigación de nuevas Tecnologías para la Amazonía (CINTA), cuenta con parcelas implementadas con plantaciones forestales comerciales de *Melina* (***Gmelina arborea Roxb.***) y *Teca* (***Tectona grandis L.f.***), en el municipio de Porvenir, Provincia Nicolás Suárez del departamento Pando - Bolivia.

Una de las principales necesidades para el manejo es determinar las propiedades físicas y químicas del suelo, siendo que las condiciones edáficas, provocan diferencias evidentes de crecimiento. La adecuada selección de sitios de plantación es uno de los factores más importantes a considerar en proyectos de plantaciones forestales comerciales ya que el crecimiento influye notoriamente en el proceso de planeación e inversiones a largo plazo del proyecto.

El presente estudio busca relacionar las características físicas y químicas edáficas del suelo. A su vez, estos resultados intentan determinar a nivel predial el contenido de nutrimentos que las plantas de *Melina* (***Gmelina arborea Roxb.***) y *Teca* (***Tectona grandis L.f.***), aportan al suelo y coadyuvar a la toma de decisiones.

Parte de esta política es reconvertir áreas pecuarias a usos forestales y la modalidad más aplicada es la reforestación con especies nativas y exóticas. En este sentido, especies de alto valor comercial y rápido crecimiento como la *Melina* (***Gmelina arborea Roxb.***) y la *Teca* (***Tectona grandis L.f.***), han sido establecidas ampliamente; sin embargo, no se conoce en forma precisa que efectos o modificaciones causa en el suelo.

Conocer la influencia de los árboles sobre la fertilidad de los suelos resulta elemental para su eventual utilización en proyectos de recuperación de áreas degradadas o en manejo de sistemas que tiendan a la sostenibilidad.

Durante mucho tiempo ha sido reconocido que la vegetación ejerce una influencia sobre las propiedades morfológicas, físicas y químicas del suelo.

No obstante, la habilidad de los árboles para mejorar sitios degradados en los trópicos es ampliamente debatido (Fisher 1995). Según Salas (1987) los cambios en el suelo bajo monocultivos forestales (plantaciones) suceden en las capas superiores y se relacionan, entre otros factores, con el suministro de materia orgánica. En áreas de potrero, la carga animal, el sistema de pastoreo y sus interacciones son importantes en los cambios físico-químicos del suelo, ya que modifican la velocidad y la eficiencia del ciclaje de nutrientes (Torres Munevar 1995).

El departamento Pando, cuenta con una superficie de 63,827 km²; de los cuales el 94% de sus superficie está cubierta por bosques naturales. El sector forestal es el más importante de la economía departamental. Este se refiere principalmente a la recolección de castaña y la extracción de goma. La explotación de madera ha adquirido importancia en los últimos años; esta actividad es desarrollada por empresas grandes y medianas, así como por los dueños de las propiedades rurales. La explotación de la madera se realiza orientada a seguir beneficios a corto plazo, despreocupándose de los métodos utilizados para ello y de su impacto en el bosque. (Zonisig 1997).

La baja fertilidad de los suelos, es otro factor que afecta la productividad, debido a que cuando se cultivan especies muy exigentes en materia orgánica, macro y micronutrientes estos extraen altas cantidades de nutrimentos, principalmente

nitrógeno del suelo. Esto, junto con la práctica de no fertilizar provoca que el suelo se canse y que se degrade.

Sobre los aportes que da el cultivo de la teca y melina en cuanto a la fertilidad del suelo, no se tienen muchas investigaciones que nos diga cuál es el aporte de nutrientes al suelo. En consecuencia se planteó como problema a resolver mediante la investigación: ¿Cuál es el aporte a la fertilidad del suelo del cultivo de la Teca (***Tectona grandis L.f.***) y la Melina (***Gmelina arborea Roxb.***)?

De acuerdo a bibliografías consultadas, los suelos del departamento Pando son pobres en materia orgánica, son ácidos, es por esa razón que los agricultores se ven en la necesidad de deforestar nuevas áreas de monte virgen todos los años para la siembra de sus cultivos, los cuales una parte es para el autoconsumo familiar y la otra llevan a las ferias o mercados más cercanos a su comunidad. De esa manera van incrementando anualmente las áreas de barbecho y suelos degradados.

La utilización de la teca y la melina es una alternativa que contribuirá en el aporte de nutrientes necesario al suelo, como también mejorará sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. De esa forma se tendrá un suelo con mejores condiciones para la buena productividad de los cultivos.

Lo anterior, con la perspectiva de obtener información que contribuya al desarrollo de nuevas alternativas tecnológicas de bajo costo, sostenibles desde el punto de vista agroambiental; las cuáles puedan ser accesibles no sólo a la comunidad científica sino también a los pequeños productores de ésta región del país.

Como objetivo general se fue, Comparar el efecto del crecimiento de la Melina (***Gmelina arborea Roxb.***) y la Teca (***Tectona grandis L.f.***), sobre las

propiedades físicas y químicas del suelo, en el Centro de Investigación de Nuevas Tecnologías para la Amazonía (CINTA). Y como objetivos específicos fueron: Determinar el nivel de aporte de nutrientes de la Melina y teca sobre las propiedades físicas y químicas del suelo; Comparar los niveles de aporte de la melina y teca durante el estudio y Evaluar el nivel de fertilidad de la melina (***Gmelina arborea Roxb.***) y la Teca (***Tectona grandis L.f.***) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

Como hipótesis alterna se planteó: El establecimiento de plantaciones de Melina, modifica las características físicas y químicas del suelo degradado y la hipótesis nula: El establecimiento de plantaciones de Melina, no modifica las características físicas y químicas del suelo degradado.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen y distribución

La Melina *Gmelina arbórea Roxb*, pertenece a la familia Verbenaceae es originaria de las zonas tropicales, húmedas de Asia, se encuentra en Paquistán, India, Banglash, Nepal, Birmania, Malasia, Sri Lanka y China. En América Tropical se ha introducido a Brasil, Honduras y Panamá; en México es cultivada en regiones tropicales de Guerrero, Campeche, Tabasco, Veracruz, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Nayarit, Colima y Yucatán. **Dr. Mario cruz Fernández, 2003).**

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, sobre todo en valles húmedos y fértiles, en estas condiciones puede crecer hasta en los 1260 m de altitud.

La *Gmelina arbórea Roxb* 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. Naturalmente se desarrolla entre las latitudes 5° N -30° N, desde el sudeste asiático, incluyendo Pakistán hasta Camboya y China meridional. **Dr. Mario cruz Fernández, (2003).**

La teca crece de manera natural desde la latitud 23°N a la 10°S, aproximadamente, en el sudeste de Asia, en un área que comprende la mayoría de la India peninsular, gran parte de Myanmar (conocida previamente como Burma) y partes de Laos y Tailandia (Troup, 1991).

Hace varios siglos fue introducida a Java y algunas de las islas menores del archipiélago de Indonesia y posteriormente a las Filipinas. Hoy en día la teca se ha naturalizado en estos países y plantaciones bien establecidas se extienden desde la latitud 28° N. a 18° S. en el Sudeste de Asia, Australia, África y Latinoamérica (White, 1991).

La teca se introdujo por primera vez en la región del Caribe alrededor de 1880 a través de los jardines Botánicos Reales en Trinidad, pero no se establecieron plantaciones en ese lugar hasta 1913. Subsecuentemente, el área de las plantaciones aumento de 4700 hectáreas en 1958 a 7300 hectáreas en 1967, a 8500 hectáreas en 1972 y a 9700 hectáreas en 1978. (Brooks, 1999).

2.2. Clasificación taxonómica

Según (Aguirre, 1993) se clasifica en:

Phylo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laminales

Familia: Verbenaceae

Género: Tectona

Especie: Grandis

Nombres comunes: Teca (España, Colombia y Portugal); teck (Francia); Teck Genuine, (Inglaterra y Estados Unidos); (Aguirre, 1993).

2.3. Descripción Botánica

Árbol que alcanza alturas mayores a 30 m de altura y 80 cm de DAP.

Tronco recto, con tendencia a bifurcarse o ramificarse en exceso si crece aislado.

Corteza externa castaño claro, escamosa y agrietada; corteza interna blanquecina.

Copa angosta cuando es joven, y medianamente amplia cuando es adulta.

Hojas simples opuestas, ovales, grandes, verde oscuro y ásperas en el haz, blanquecinas y tomentosas en el envés, deciduas.

Flores blanquecinas, pequeñas, agrupadas en grandes panículas terminales erectas.

Fruto drupa café cuadrilobulada con una semilla pequeña, oleaginosa bastante dura.

2.4. Ecología y Distribución de la Especie

La teca se encuentra en estado natural en la India, Birmania, Tailandia, Indonesia y Malasia. En Ecuador se la encuentra en la costa.

2.5. Requerimientos edáficos

La teca crece en áreas entre el nivel del mar, como en Java, hasta una altitud de 1200 mm en el centro de la India. 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 suelos 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. Se ha demostrado también que la teca es sensible a la deficiencia de fosfatos. Las pendientes escarpadas, el drenaje pobre y las altitudes de más de 1000 mm también influyen el crecimiento de una forma negativa (Geigel, 1997).

Prefiere suelos arenosos o franco arenosos, bien desarrollados, bien drenados y aireados, aún más si son aluviales. Tiene capacidad de adaptación a suelos pobres y a suelos calcáreos. Se acomoda a una gran variedad de suelos con buen drenaje interno y en áreas de suelos arcillosos pesados. Se adapta en suelos franco-arcilloso-arenosos, con pH de 5.0 a 8.5 pero se desarrolla mejor con pH de 6.5 a 7.5. Prefiere suelos con un metro de profundidad para desarrollar sus raíces; no tolera el agua estancada, ni la arcilla anaeróbica. En suelos poco fértiles presenta menor crecimiento y altura. (Ficha técnica nº 1: teca, 9 julio, 2012 por admin.)

2.6. Factores limitantes de crecimiento

No tolera suelos anegados, pantanosos y compactados. La presencia de la hormiga arriera (*Atta* sp.) en plantas jóvenes es un verdadera plaga; el insecto (*Membrasis c-album*) daña los brotes tiernos y produce ramificación. No resiste suelos inundables, pantanosos, muy pedregosos o compactados, o cimbras. No conviene en sitios con pendientes mayores al 25%. No tolera sombra. El exceso de agua pudre las raíces. No se conviene plantar en suelos con menos de 8 me-ml de calcio o muy ácidos con alto contenido de hierro. Aun cuando es una especie resistente al fuego, los incendios pueden causarle daños de consideración. (Ficha técnica nº 1: teca, 9 julio, 2012 por admin.)

2.7. Los suelos bajo las plantaciones de teca

En un estudio realizado en Kerala, India (Jose y Koshy 1972), se compararon las características de los suelos bajo un bosque natural y en plantaciones de teca de 1, 15, 30, 60 y 120 años de edad (establecidas en áreas cuyo uso anterior eran bosques naturales). Todos los suelos estudiados eran de origen laterítico, planos y con alturas entre 100 y 200 msnm. El contenido de materia orgánica tuvo una correlación positiva con la edad del rodal; sin embargo, en plantaciones con edades entre 1 y 30 años, el contenido de materia orgánica

disminuyó en comparación con el que originalmente tenían los bosques naturales (como efecto de la remoción del bosque se incrementó el movimiento de aire en el suelo y facilitó la oxidación de la (MO) y luego vuelve a aumentar (a los 60 años) hasta contar con niveles similares al de los bosques naturales. En cuanto a la densidad aparente superficial afirman que esta puede aumentar en los primeros 15 años de edad de la plantación como efecto del establecimiento de la misma y las actividades silviculturales de mantenimiento. En plantaciones de edades mayores tiende a disminuir como efecto de la incorporación de la materia orgánica al suelo.

Singh *et al.* (1986), realizaron una investigación sobre la distribución natural de teca bajo diferentes condiciones silvo-climáticas realizado en una reserva de bosque natural en Mudumalai, India, (elevaciones de 250 a 1250 msnm, con precipitación entre 750 y 1750 mm anuales y temperatura promedio anual de 23.5 a 29 °C). Concluyen que el rango de lluvia, la profundidad del suelo, el pH y el contenido de K no tiene un efecto significativo sobre la densidad (árboles/ha) de la teca. Por otra parte, varias características del sitio y del suelo si tienen un relación con la densidad natural de teca: la pendiente (a mayor pendiente menor densidad natural de teca), la textura (mayor cantidad de arena en el suelo disminuye la densidad natural de la teca), el carbono orgánico (mayores densidades de teca se observaron en suelos con mayor contenido de carbono orgánico), el P (áreas con menor densidad estaban dispuestas en zonas con alta concentración disponible de P -31 ppm-, indicando la baja utilización de este nutriente por la especie), el contenido de Ca (a mayor concentración de Ca intercambiable mayor densidad de teca) y capacidad de intercambio catiónico (a mayor capacidad de intercambio catiónico mayor densidad de teca).

Otro estudio interesante es el de Márquez *et al.* (1993) en una reserva forestal en los llanos occidentales de Ticoporo, Venezuela, en plantaciones de teca

establecidas sobre una topografía plana, a 160 msnm y sobre suelos de los grandes grupos Eutropepts y Dystropepts.

Se encontraron diferencias en muchas de las propiedades químicas analizadas en el suelo al hacer una comparación de plantaciones de 12, 7 y 2 años, aumentando los contenidos de materia orgánica y N en función de la edad. Observaron también que en la plantación más vieja aumentó significativamente el pH del suelo en los primeros 40 cm de profundidad, así como también su contenido de Ca y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), indicando que se debe a la incorporación de la hojarasca sobre el primer horizonte. El contenido de K en el suelo no mostró variaciones significativas entre plantaciones de distintas edades y el P presentó una disminución (3.1 ppm en la plantación de 2 años a 1.1 en la de 12), lo cual atribuyeron a su absorción continua y una redistribución interna en los tejidos en crecimiento.

Sin embargo, no se conoce si los suelos estudiados eran efectivamente comparables. El hecho que los sitios se encuentran sobre suelos de 2 grandes grupos indica que probablemente no lo sean, lo cual no permitiría concluir con certeza sobre la influencia de la teca sobre los mismos. Tampoco se presentan datos sobre la variabilidad natural en las concentraciones nutricionales que posiblemente podrían explicar una diferencia muy pequeña como la reportada para P. Por otra parte, resulta muy interesante conocer el uso anterior del suelo para generar una mejor idea sobre sus características innatas.

2.8. La influencia de los árboles y las plantaciones forestales sobre el suelo

El amplio sistema radicular de muchas especies de árboles y la cobertura del suelo con hojarasca, también protege al mismo contra la erosión y mantienen o mejoran sus propiedades físicas. Bebarta (1999) indica que la importancia de la MO para mejorar las condiciones físicas del suelo es reconocida ampliamente, afirmando que actúa como una fuente de varias actividades biológicas y suministra nutrientes en su proceso de descomposición.

Sin embargo, para el caso específico de la especie *Tectona grandis* en la India, Jose y Koshy (1972) indican que un horizonte superficial (0-10 cm) distinto y considerablemente rico en materia orgánica solo es posible encontrarlo en bosques naturales o plantaciones mayores a 120 años de edad, agregan que a esta edad (120 años) también se denota un cambio en las características físicas del suelo bajo plantaciones.

Otros autores como Centeno (1997) indican que el establecimiento de plantaciones puras de teca han sido asociadas con el deterioro y la erosión del suelo; sin embargo, hay una limitada evidencia conclusiva, excepto cuando las plantaciones se establecen sobre terrenos con demasiada pendiente y donde la maleza del suelo ha sido eliminada sistemáticamente y/o donde el uso del fuego ha tenido lugar. Por su parte Laurie and Griffith citado por Amponsah (1998), indican que el suelo bajo plantaciones de teca aumenta su densidad aparente e incrementa la erosión del suelo. Balagopalan y Jose (1997) indican que al eliminar el bosque natural y subsecuentemente establecer plantaciones de teca (*Tectona grandis*), eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*) o hule (*Hevea brasiliensis*) sedan cambios significativos en el suelo, la densidad aparente se incrementada y la materia orgánica, N, P, S y la mayoría de nutrientes se reducen. Sin embargo, Jose y Koshy (1972) indican que la mayoría de estudios no presentan evidencia científica que demuestren el deterioro del suelo bajo plantaciones de teca.

Por otra parte, los pastos bien manejados también han sido reportados como usos del suelo que apoyan el control de la erosión (Sedeghian *et al.* 1998) y contribuyen (en el caso de las pasturas mejoradas) a incrementar la materia orgánica en la superficie del suelo (Haynes y Williams 1993).

Lundgreen (1978), propone el modelo presentado en la figura 1, como resultado de su trabajo sobre las condiciones de suelos y ciclaje de nutrientes bajo plantaciones y bosques naturales en Tanzania.

El estudio de la influencia de los árboles sobre las características del suelo ha sido practicado incluso a nivel individual (árboles dispersos); es el caso de Belsky *et al.* (1989) quienes establecieron el efecto de los árboles sobre las características físicas, químicas y biológicas en un ambiente de sabana semi-árida en Kenya (1000 msnm y 400-500 mm de precipitación pluvial), indicando que al comparar los prados abiertos de vegetación herbácea de la sabana con los suelos bajo el dosel de la copa de los árboles, se redujo la radiación solar de 45-65% y la temperatura del suelo en 5-11° C a una profundidad de 5 cm. Mencionan también que el N mineralizable y la biomasa microbial fueron significativamente más altas en suelos bajo el dosel de los árboles que en las áreas perimetrales de influencia de la raíz y las zonas de vegetación herbácea abierta, considerando que la cantidad de materia orgánica y las concentraciones de P, K y Ca (pero no Mg), declinaron en los suelos desde la base de los árboles hacia las pasturas abiertas de las sabanas, debido especialmente al aporte de la hojarasca de los árboles.

Por su parte Montagnini y Sancho (1990), en una implementación de ensayos forestales con especies nativas (establecidas en suelos previamente usados para pastoreo extensivo), desarrollado en la estación biológica La Selva, en Costa Rica (a 50 msnm, 24 °C de temperatura media anual y 3,800 mm de precipitación anual) indican que en menos de tres años la presencia de una plantación experimental de especies nativas en conjunto había aumentado la fertilidad del sitio (los datos fueron comparados con suelos del mismo tipo en pastos cercanos), debido al aumento en la cantidad de materia orgánica en el horizonte superior, los valores de N, Ca y Mg en conjunto y los elementos menores; sin embargo, indican que es necesario realizar mediciones a más

largo plazo. Agregan que los impactos de las especies de árboles sobre los suelos dependen de los requerimientos individuales de nutrientes y agua, las características del sistema radicular, la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, la calidad y la cantidad de hojarasca producida por el árbol.

También Fisher (1995) reporta cambios a nivel del suelo e indica que al comparar 11 especies forestales (8 nativas y 3 exóticas) establecidas sobre suelos degradados (en abandono posterior a 25 años de pastoreo) en Costa Rica encontró que después de tres años de ocupación de la plantación iniciaban a observarse cambios significativos en las propiedades del suelo. Sin embargo, la efectividad de las diferentes especies causando estos cambios, varió ampliamente. Aunque la densidad aparente del suelo disminuyó significativamente bajo 8 de las 11 especies, el carbono orgánico decreció en las pasturas de control y aumentó significativamente bajo solamente tres especies forestales (una exótica leguminosa y dos nativas con fuerte producción de hojarasca), indicando que estos cambios se relacionan estrechamente con la actividad biológica. A grandes rasgos, bajo la mayoría de las especies ocurrieron cambios significantes en cuanto a los cationes del suelo (diferencias significativas en 3 especies en Ca y 4 en K).

En relación a la influencia de los árboles sobre aspectos biológicos del suelo y específicamente lombrices de tierra, Fraile Merino (1989), realizó un estudio en Turrialba, Costa Rica, sobre las poblaciones de lombrices de tierra (20 cm de profundidad) en pasturas solas, asociadas con distintas especies maderables de uso silvopastoril (*Erythrina poeppigiana* y *Cordia alliodora*) y parcelas de vegetación a libre crecimiento (sin ganado, ocupadas en más de un 95% por pasto guinea –*Panicum maximun*-). Concluyó que la densidad promedio anual de lombrices de tierra es mayor en la vegetación a libre crecimiento que en la pastura con árboles, y que ambos tienen mayor cantidad de lombrices que la pastura sin árboles.

Dichos resultados se explican, entre otros aspectos, por la mayor humedad existente y la mayor cantidad de materia orgánica (ambos indicadores fueron medidos como parte del estudio) en la vegetación a libre crecimiento y pasturas con árboles, en relación a pasturas sin árboles. Adicionalmente, encontró que en los periodos más secos la abundancia y biomasa de lombrices de tierra es mayor en las pasturas con árboles y a libre crecimiento, mientras que en los períodos húmedos existe una tendencia a igualarse la abundancia y biomasa de las lombrices de tierra en los tres distintos tratamientos.

A manera de conclusión general, la influencia de los árboles sobre el suelo depende de varios factores como: el uso anterior del suelo, el tipo de suelo, su condición de manejo (adecuado, degradado, erosionado, entre otros), la especie o especies arbóreas establecidas y su función (especialmente sobre el distanciamiento de plantación y su edad, finalidad de la reforestación, tipo de reforestación –pura o mixta-, árbol establecido, entre otros) y por último se puede mencionar también al clima como otro factor importante que puede determinar la influencia de los árboles sobre el suelo.

2.9. Los requerimientos de la teca (*Tectona grandis* L.f.) como especie y como cultivo

La teca es un árbol caducifolio de tamaño grande. Es fuente de una de las maderas más valiosas y conocidas. Pertenece a la familia Verbenaceae (Weaver 1993) y es originaria de los bosques deciduos húmedos y secos del trópico de la India, Laos, Myanmar (Burma) y Tailandia, en latitudes 12 a 25° norte. Se ha establecido y adaptado bien en Malasia, Indonesia y otros países comprendidos en las latitudes 28° norte a 18° sur (Briscoe 1995).

Lamprecht (1990) indica que la teca requiere de una estación seca bien definida, que en los lugares donde se distribuye naturalmente comprende de

tres a siete meses, con una precipitación media anual de 760 a 5000 mm y una temperatura media de 21 a 28° C. Indica además, que es una especie heliófita muy susceptible a la competencia interespecífica, sobre todo en su etapa juvenil y crece mejor en suelos con pH neutro. Agrega que la teca forma un sistema radicular superficial, el cual es muy susceptible a la falta de oxígeno (mal drenaje), lo cual coincide con lo descrito por Salazar F y Albertin (1974).

La teca en condiciones naturales crece en diversos tipos de suelo, alcanzando los mejores desarrollos en suelos franco-arenosos a arcillosos, fértiles, bien drenados y con pH ligeramente ácidos o neutros (Briscoe 1995 y Lamprecht 1990). Por su parte Singh *et al.* (1986), indica que las mayores densidades de teca en bosques naturales de Mudumalai, India se encuentran asociados con una textura media en el suelo, altos contenidos de carbono orgánico, Ca intercambiable y capacidad de intercambio catiónico, así como en pendientes menores a 14%.

Según la FAO, citada por Salazar F y Albertin (1974), indican que son inadecuados los suelos compactos, arcillosos húmedos, lateríticos y arenosos secos para el buen desarrollo de la teca; agregan que es una especie muy exigente con respecto a suelos profundos, bien drenados y de poca elevación y que bajo estas condiciones, la fertilidad es un factor secundario.

Específicamente para Centro América, Chávez y Fonseca (1991) mencionan que para el buen crecimiento de la teca factores limitantes son suelos poco profundos, suelos compactados, suelos que presentan bajos contenidos de calcio y magnesio, terrenos con pendientes moderadas a fuertes y terrenos mal drenados.

Vallejos Barra (1996) en un estudio sobre productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares en la región

pacífico de Costa Rica, con precipitaciones medias anuales que varían entre 1247 a 3662 mm, una estación seca de 2 a 7 meses (< 100 mm mensuales), temperaturas medias anuales de 22.6 a 28.4° C y una elevación que va desde en nivel del mar hasta los 570 msnm; encontró que en las plantaciones estudiadas de teca, el contenido de calcio en el suelo (0-20 cm de profundidad), se encuentra altamente relacionado con el contenido de calcio foliar y magnesio foliar, en ambos casos la relación es positiva, con lo cual afirma que esta especie es eminentemente basófila, ya que al aumentar el contenido de calcio en el suelo, aumenta el contenido foliar de calcio y magnesio.

Mollinedo García (2003) en Panamá y Vaidés López (2004) en Guatemala, confirman el requerimiento de altos contenidos de calcio para su desarrollo, describiéndola como una especie basófila (necesita cantidades mayores a 8-10 cmol+/l para lograr un buen desarrollo).

Sin embargo, Montero Mata (1999) en Costa Rica, indica que la teca no es tan demandante de altos niveles de Ca en el suelo ya que encontró un adecuado nivel de desarrollo (plantaciones 2 a 45 años de edad) en zonas con bajos contenidos de Ca (0.7 hasta 25 cmol(+)/l), agrega que para el caso de P la teca es muy eficiente en términos de absorción o en su utilización, ya que encontró niveles medios a nivel foliar y niveles deficientes en el suelo. Los tres autores coinciden en que niveles de pH superiores a 5.5 son los más adecuados para el buen desarrollo de esta especie.

Además, el estudio de Vaidés López (2004) refleja que en cuanto a las variables fisiográficas se debe elegir sitios para plantar teca en terrenos con elevaciones menores a 220 msnm y pendientes que no excedan el 40%, en paisajes ondulados a planos y poca a mediana pedregosidad interna. En cuanto a las variables de suelo, indica que se encontró productividad alta y excelente en suelos con un pH arriba de 5.5, y agrega que se deben elegir suelos que

presenten poca o ninguna inundación (o mal drenaje) debido a que limita el crecimiento radicular de la especie.

Alvarado (2006) indica que para establecer plantaciones de teca deben evitarse las siguientes condiciones: **a)** suelos mal drenados, en particular Vertisoles de depresión con problemas de anegamiento por períodos prolongados, **b)** suelos poco profundos, dentro de ellos muchos Entisoles con afloramiento rocoso o roca a poca profundidad, **c)** cimbras de pendientes muy secas o muy ventosas, **d)** áreas en las que la distribución de lluvias se concentra en períodos muy cortos o que tiene épocas secas prolongadas (en este caso la especie tiende a botar las hojas dos veces al año) y **e)** regiones donde los niveles de acidez del suelo y del subsuelo sean muy elevados.

En resumen y a nivel general, todos los autores concuerdan que para un buen desarrollo la teca necesita: una estación seca bien definida, precipitación media anual de 760 a 5000 mm, una temperatura media anual de entre 21 y 28° C, suelos no compactados, bien drenados, altos contenidos de Ca, pH mayor a 5.5, elevación menor de 220 msnm y pendiente menor a 40%, entre otras.

2.10. Características Edafoclimáticas

Requerimientos climáticos.

Altitud: 0- 800 msnm

Precipitación: 1.000 – 2.200mm

Temperatura: 22 – 28 °C

En el área de distribución natural, en la India, crece en lugares con temperaturas entre 13 y 40 grados, con una media de 24 grados, sin embargo, para un óptimo desarrollo se considera una temperatura media de 25 grados, con un rango de 24- 30 grados, en Costa Rica se encuentra en clima seco y húmedo donde la temperatura alcanza hasta los 38 grados, pero con promedios

anuales de 223 y 27 grados, se reporta un amplio rango de precipitación que va desde los 1000 a 3750 mm/año, con una época seca bien definida de 3 a 4 veces, con extremos de 500 a 5000 mm/año. (Heredia 2004).

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 1300 - 2500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses. La cantidad de lluvia óptima para la teca es de entre 1500 a 2000 mm por año, pero soporta precipitaciones tan baja como de 500 mm y de altas como 5100 por año (Gonzalez, 1980).

La teca tolera grandes variaciones de temperaturas, que varía entre 2 y 48 grados en la India, la teca es un componente común en los bosques clasificados como muy secos, semi-húmedos, húmedos y muy húmedos. La precipitación anual en estas áreas, respectivamente, varían entre menos de 900 mm, 900 a 1270 mm, 12070 a 1650 mm, 1650 a 2540 mm, hasta más de 2540 mm, el clima óptimo para la teca, que se puede encontrar en la costa occidental de la India, posee una temperatura que varía entre 16 y 40 grados. La teca también se extiende a las áreas sujetas a heladas ligeras (Chaves y Fonseca, 1991).

2.11. Análisis químico de suelo y foliar

El análisis del suelo es una fuente de información valiosa para su manejo y el de los cultivos; sin embargo, para que un análisis sea útil, es necesario interpretarlo debidamente.

Rodríguez y Rodríguez (2002), indican que los objetivos de un análisis de suelo son: determinar con precisión la disponibilidad de los nutrientes del suelo para

las plantas, tanto las deficiencias como los excesos (de acuerdo a los cultivos). Además, ayudan a determinar las necesidades de fertilización.

Específicamente, los análisis químicos de los suelos consisten en la extracción de los nutrientes supuestamente disponibles para las plantas mediante soluciones químicas, además de la medición de características como pH, la presencia de acidez y el contenido de materia orgánica. Existen muchas y diferentes soluciones extractoras que extraen los nutrientes “disponibles” de los diferentes tipos de suelos. Sin embargo, por si solo un análisis de suelo no tiene valor, es una cifra empírica que puede reflejar o no la disponibilidad de un nutrimento para las plantas (Bertsch 1998). Agrega que las técnicas de laboratorio, cumplen con un único pero a la vez fundamental requisito, que es la sólida investigación de respaldo que las asocie con la respuesta de campo de los cultivos (conocida como correlación y calibración).

El análisis del suelo probablemente es la opción más práctica para evaluar la fertilidad de los mismos. Sin embargo, existen limitaciones en cuanto a los diferentes métodos de determinación, ya que usan soluciones que aparentemente correlacionan bien para la mayoría de los suelos y cultivos, pero muchas veces los resultados son muy generales (Bertsch 1998), mientras el usuario necesita resultados específicos por cultivo y tipo de suelo.

Las fuentes de variación que influyen en el resultado de un análisis de suelo son: el error en la toma de la muestra (inadecuada distribución, toma y/o manipulación de las muestras a nivel de campo) y error analítico (variabilidad obtenida analizando repetidamente la misma muestra en laboratorio) (Rodríguez y Rodríguez 2002).

2.12. Factores de manejo

La fertilidad del suelo tiene importancia durante los primeros años posteriores a la plantación, momento en que puede ser crítica la falta de ciertos elementos mayores. Según Chaves y Fonseca (1991), la deficiencia de estos elementos en la mayoría de las especies forestales es reducida. Por otra parte Bebarta (1999) menciona que el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre son los nutrientes principales que se requieren en cantidades relativamente grandes. Una deficiencia a menudo produce síntomas visibles en la teca.

Otro factor de importancia en el manejo de plantaciones de teca es la humedad.

Debido a este requerimiento de agua y que puede haber una distribución irregular de las precipitaciones durante el período de crecimiento del cultivo, aplicación de agua adicional en forma de riego para que sea utilizada por la planta podría ser esencial en dicho período (Bebarta 1999).

Solo el agua almacenada en la zona de la raíz de la planta puede ser utilizada por ella para su transpiración y construcción de tejidos. Cuando esta agua disponible disminuye, el crecimiento de la planta es también afectada. De ahí que para estimular el crecimiento es necesario regar los árboles jóvenes (Bebarta 1999).

La teca es especialmente sensible a la humedad y a la competencia de las malezas (Laurie 1975).

En árboles recién plantados o con meses de edad, estos son más susceptibles de ser cubiertos fácilmente por las malezas. En árboles un poco mayores, el espacio entre ellos favorece su crecimiento y reproducción, ya que buena parte del suelo está descubierta y la luz es aprovechada más eficientemente por las malezas. Las malezas pueden causar daño a los árboles ya sea por competencia directa por luz, humedad del suelo y nutrientes o porque pueden

asfixiar a las plantas debido a su hábito de crecimiento. Este daño dependerá de las especies presentes, de la densidad que alcance cada una, del estado en que se encuentre el cultivo cuando éstas emergen y la duración de la competencia (Alán et al 1995), y puede ser desde deformaciones hasta un desarrollo pobre. Aunado a lo anterior, el control de malezas constituye una fuente significativa de costos en la operación forestal, al ser una de las actividades más importantes durante los primeros años de crecimiento de los árboles, al menos hasta que la copa de éstos cierre.

2.13. Análisis de suelo

El diagnóstico de los aspectos químicos de la fertilidad del suelo recaba información del potencial de un suelo para abastecer los nutrimentos que requiere un cultivo. El diagnóstico de la fertilidad del suelo permite identificar problemas de carácter nutrimental o no nutrimental, que podrían estar afectando o afectarían el desarrollo y crecimiento de un cultivo. Este diagnóstico implica un análisis químico de suelo. Para realizar el análisis químico es necesario saber por qué y para qué es realizado, ya que se espera que el resultado cumpla una doble función. Por una parte se espera que indique la disponibilidad de un determinado nutrimento en el suelo, y por otro, que sea útil como base para formular recomendaciones de fertilización (Etchevers y Padilla 2007).

Los análisis químicos incluyen a las variables químicas asociadas directamente con la fertilidad de los suelos y los indicadores químicos de la disponibilidad nutrimental. Entre los primeros se encuentran el pH y conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), acidez intercambiable (AI), por mencionar algunos y; aunque están relacionados, no miden directamente la disponibilidad nutrimental de un elemento en particular sino que indica lo que se puede esperar de la disponibilidad de uno o más nutrimentos. Los segundos son los

indicadores específicos de la fertilidad del suelo, son valores, resultados de la prueba a una muestra representativa (Etchevers y Padilla 2007).

Según **M.Sc. Freddy Rojas Rodríguez Dr. Oلمان Murillo Gamboa, (2004)**, se clasifica en:

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Eudicotyledoneae

Subclase: Asterales

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: *Gmelina*

Especie: *Gmelina arborea*

Nombres comunes: En América tropical se le conoce como melina, en Indonesia se le conoce como yemane y en la India gamari o gumadi. Otros nombres son gemelina, gmelina, gumhar, kashmir tree, malay beechwood, snapdragon, teca blanca, yemani (Birmania), so, so-maeo (Tailandia), kumhar, sewan (Pakistán), shivani (Indias central), gamar (Bangladesh).

1.1. Descripción de la especie

La ***Gmelina arborea Roxb*** 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.

Copa: Presenta una copa amplia en sitios abiertos, pero en plantación su copa es densa y compacta.

Corteza: lisa o escamosa, de marrón pálida a grisácea; en árboles de 6-8 años de edad se exfolia en la parte engrosada de la base del tronco y aparece una nueva corteza, de color más pálido y lisa.

Raíz: Presenta un sistema radical profundo, aunque puede ser superficial en suelos con capas endurecidas u otros limitantes de profundidad.

Fuste: Tiene un fuste marcadamente cónico, por lo regular de 50-80 cm de diámetro, en ocasiones hasta de 143 cm, sin contrafuertes pero en ocasiones engrosado en la base.

Hojas: Grandes (10-20 cm de largo), simples, opuestas, enteras, dentadas, usualmente más o menos acorazonadas, de 10-25 cm de largo y 5-18 cm de ancho, decoloradas, el haz verde y glabra, el envés verde pálido y aterciopelado, nerviación reticulada, con nervios secundarios entre 3 y 6 pares y estípulas ausentes. Usualmente, la especie bota las hojas durante los meses de enero o febrero en casi todas las regiones donde se cultiva. Las hojas nuevas se producen el marzo o a principios de abril.

Flores: Numerosas, amarillo-anaranjadas, en racimos, monoicas perfectas, cuya inflorescencia es un racimo o panícula cimosa terminal, cáliz tubular, corola con 4-5 sépalos soldados a la base del ovario, de color amarillo brillante, cáliz 2.5 cm de largo y 4 estambres. La floración ocurre justo cuando las hojas han caído o cuando las nuevas hojas comienzan a desarrollarse. En su área de distribución natural la melina florece los meses de febrero a abril, en Centroamérica la floración se presenta, usualmente, entre diciembre y febrero pero en general, en América tropical florece de febrero a marzo, prolongándose en ocasiones hasta abril. La ***Gmelina arborea Roxb*** inicia su época de floración y fructificación entre los 6-8 años, sin embargo en algunas plantaciones en Costa Rica florece a partir del tercer año.

Frutos: Es un fruto carnosos tipo drupa, de forma ovoide u oblonga, carnosos, succulento, con pericarpo coriáceo y endocarpo óseo, de color verde lustroso, tornándose amarillo brillante al madurar, momento en el que caen al suelo, lo que facilita su recolección. Entre los frutos caídos naturalmente del árbol, los más indicados de recolectar son los de color verde amarillento, debido a que tienen el mayor porcentaje de germinación.

Semillas: Las semillas de esta especie se encuentran formando parte del endocarpo del fruto, son de forma elipsoidal, comprimidas, de 7-9 mm de largo; testa color café, lisa, opaca, membranosa, muy delgada; el embrión es recto, comprimido, de color amarillo-crema y ocupa toda la cavidad de la semilla; los cotiledones son dos, grandes, planos, carnosos y elipsoidales; la radícula es inferior y corta. Hay de 1 a 4 semillas por fruto, con promedio de 2.2 semillas /fruto, aunque se ha demostrado que el número de semillas por fruto varía dependiendo del origen de la fuente semillero. **Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente. (1992).**

1.2. Suelo

Melina: La Melina requiere de suelos profundos, húmedos pero bien drenados, sin obstáculos de desarrollo radical y el valor de pH debe encontrarse entre 5 ó 6 de acidez. Según las características anteriores, se puede observar que la Melina requiere de condiciones edáficas en cuanto a estructura muy similares a la teca, su diferencia está en la capacidad de la Melina para tolerar suelos con profundidad efectiva menor y la capacidad de crecer en suelos con mayores niveles de pendiente. En cuanto a las condiciones químicas la Melina tolera suelos más ácidos y las concentraciones de los nutrientes son variables, la Teca es exigente de elementos como calcio, fósforo y magnesio, Mientras que la Melina requiere de Potasio. Otra ventaja de la Melina es que permite los cortos turnos de cosecha que van desde los 6- 8 años para pulpa y de los 8 a 12 años para aserrío (en comparación con la teca que requiere cerca de 25 años hasta la cosecha final). En Costa Rica hay un mercado establecido para

Melina especialmente para la producción de embalaje, cada año se produce cerca de 4.9 millones de tarimas (Barrantes y Salazar 2009), estas tarimas se usan para exportar los productos agrícolas de Costa Rica.

http://vinculando.org/mercado/3_especies_alternativas_al_cultivo_de_teca.html, (consulta, 12/06/15)

1.3.

1.4. Requerimientos ambientales

A continuación se presenta un cuadro que resume las necesidades ambientales para el buen crecimiento de la *Gmelina arborea*.

Cuadro 1

Parámetro ambiental	Ámbito
Distribución altitudinal (msnm)	0 - 900 (0 - 600)
Precipitación (mm)	1000 - 4000 (2000 - 2500)
Temperatura (°C)	18 - 38 (24 - 29)
Régimen de lluvia	8 - 9 meses de lluvia con 3 - 4 meses secos
Zonas de vida	Bs – T, Bh – T y Bmh – T
Textura de suelos	Franca y franca arcillosa, no crece bien en suelos arcillosos.
pH de suelos	5 – 6
Topografía del terreno	Terrenos planos a ondulados
Pendiente del terreno	No superiores a 30%
Profundidad efectiva del suelo (cm)	Mínima de 60, óptima de más de 100
Pedregosidad	Preferiblemente sin pedregosidad
Fertilidad	Prefiere suelos fértiles
Resistencia a vientos	No tolera vientos fuertes
Humedad del suelo	No soporta suelos inundados, ni siquiera en forma temporal.

Luis Diego Jiménez A. (2014)

1.5. Corrección de acidez:

Entre las propiedades físico-químicas del suelo, ninguna es más importante para la teca y melina que la reacción del suelo (pH), en la medida que afecta su crecimiento. El nivel crítico para teca el porcentaje de saturación es de 6%. **Ing. Luis Diego Jiménez Alvarado, (2014)**

1.6. Sitios óptimos de desarrollo

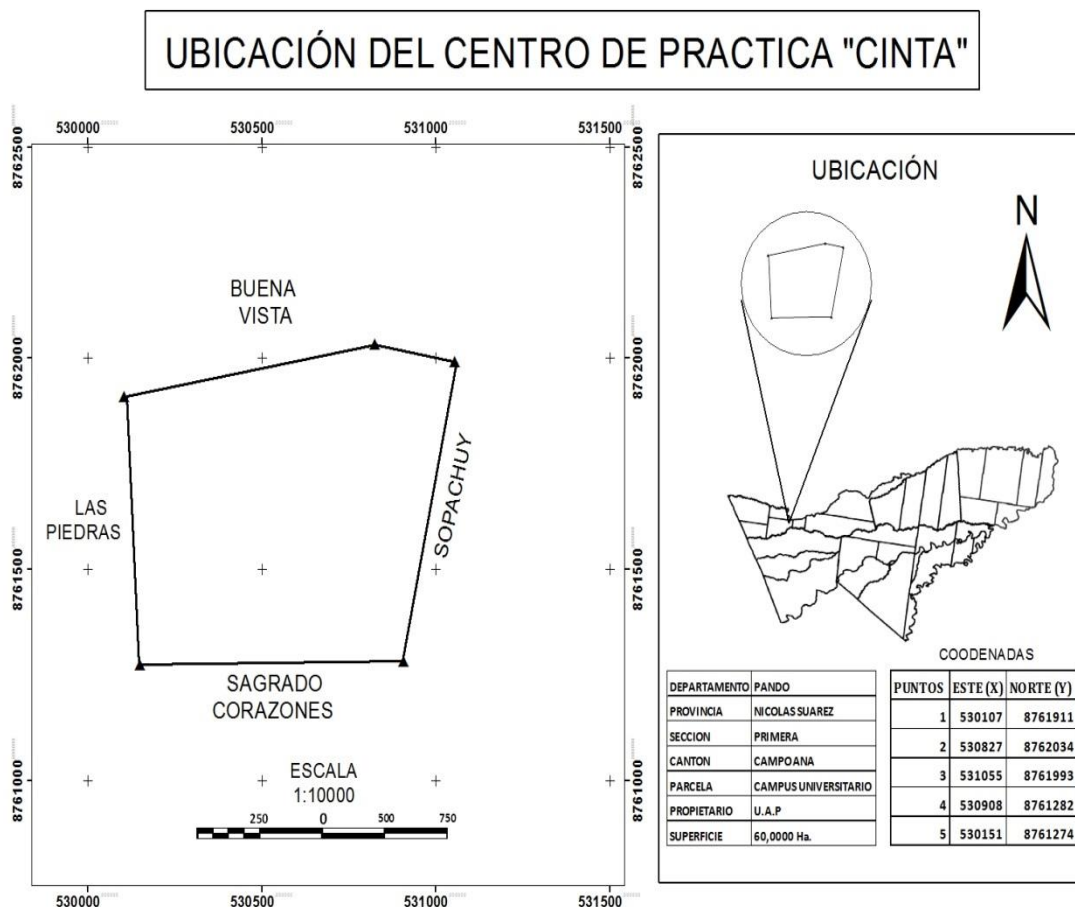
Los mejores sitios para melina se ubican en las partes bajas de los terrenos, donde por lo general, tienen mayor disponibilidad de agua y nutrientes, y en los sitios con buenos contenidos de calcio, magnesio y los ubicados en áreas donde el uso anterior era charral o cultivos agrícolas.

Las plantaciones de melina no prosperan en suelos muy erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, en esos sitios los árboles muestran características indeseables como fustes torcidos, poca altura, muy ramificados y aspecto arbustivo, por esta razón, se sugiere plantar esta especie en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos de desarrollo radical. **Chavarría y Valerio, (1993), Webb, (1983)**

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El presente trabajo de investigación se realizó en el área patrimonial del Centro de Investigación de Nuevas Tecnología para la Amazonia (CINTA) de la carrera de Ingeniería Agroforestal, dependiente del Área de Ciencias Biológicas y Naturales (ACBN) de la Universidad Amazónica de Pando (UAP), en zona rural Comunidad Gran Chaco del Municipio de Porvenir del Departamento Pando, se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros de la ciudad de Cobija, geográficamente está situado entre 87°61'51" de Longitud oeste y 05°30 ' 90" Latitud Sur y una temperatura media anual de 26 °C, con una precipitación promedio anual de 1812 mm, y una altitud de 236 m.s.n.m.



3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El trabajo de investigación tuvo una duración de 212 días, inicio el 04 de julio del 2015, fecha en que se inició con el primer muestreo de suelo del área de estudio, las principales actividades fueron: cuantificación de todas las plantas de tecas y melinas, medición de todo el perímetro de la parcela, y obtención de las sub-muestras de suelos, de donde se obtuvo la muestra representativa misma que fue enviada al laboratorio de Análisis Físico-Químico de Suelos del Área de Ciencias Biológicas y Naturales, culminando el trabajo en fecha 31 de enero del 2016.

3.3. MATERIALES

3.3.1. Material Vegetativo

El material vegetal que se utilizó fueron plantas de tecas y melinas que se encuentran sembradas en el Centro de Investigación de Nuevas Tecnología para la Amazonia – CINTA, hace 9 años en el lugar definitivo.

3.3.2. Herramientas de Campo

En el trabajo de investigación, fueron utilizados diferentes equipos y herramientas, las mismas que fueron utilizadas tanto en los trabajos de campo como en gabinete: GPS, Wincha métrica, Computadora, Impresora.

3.3.3. Materiales de Escritorio

- Cámara fotográfica digital
- Impresora
- Tinta de Impresora
- Lápiz
- Libreta de Campo
- Hoja de Papel Bond
- Calculadora

3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La metodología empleada en el procedimiento experimental se describe a continuación:

3.4.1. Reconocimiento del Terreno

Esta etapa fue clave para ubicar el escenario adecuado, inicialmente se visitaron las instalaciones del CINTA, para conocer a detalle la base de datos y los expedientes de plantaciones de Melina (*Gmelina arborea Roxb*) y Teca (*Tectona grandis L.f.*) establecidas el 15 de marzo del año 2008.

3.4.2. Medición de la parcela

Se realiza con la ayuda de una wincha y un flexómetro, para medir el tamaño total de la parcela con plantaciones de tecas y melinas.

3.4.3. Muestreos de Suelo

Esta actividad se realizó en las dos parcelas de Teca y Melina, el primer y segundo muestreo se lo realizó en fecha 04 de julio y 20 de octubre del 2015, y el tercer muestreo fue realizado en fecha 31 de enero del 2016; donde se procedió a la toma de las sub-muestras de suelos, en la forma sistemática al azar, sub-muestras que se colecto a una profundidad de 0 a 40 cm, para ellos se utilizó una pala, un azadón, una vez obtenidas todas las sub-muestras se las deposito en un balde limpio, luego se homogenizó y se cuarteó de donde se obtuvo una muestra representativa equivalente a un kilo gramo, la misma que representó a toda el área de estudio, muestra de suelo que fue enviada al Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Suelos, del Área de Ciencias biológicas y Naturales, de la universidad Amazónica de Pando.



Fotografía N° 1 - Muestreo de suelo

3.5. ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados obtenidos fueron transcritos en una base de datos de Excel. Posteriormente haciendo uso de este, se efectuó el análisis de los niveles de fertilidad de la teca en el suelo.

4. RESULTADOS

4.1. DATOS METEOROLÓGICOS

A partir de los datos obtenidos de la página de internet, (<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php>), durante el experimento se registraron temperaturas promedio mínimas de 22.50 ° C; máxima de 33.51 ° C; y una media de 28.0 ° C. La precipitación pluvial total que se registro fue de 664,5 mm. (Cuadro 2).

Cuadro N° 2

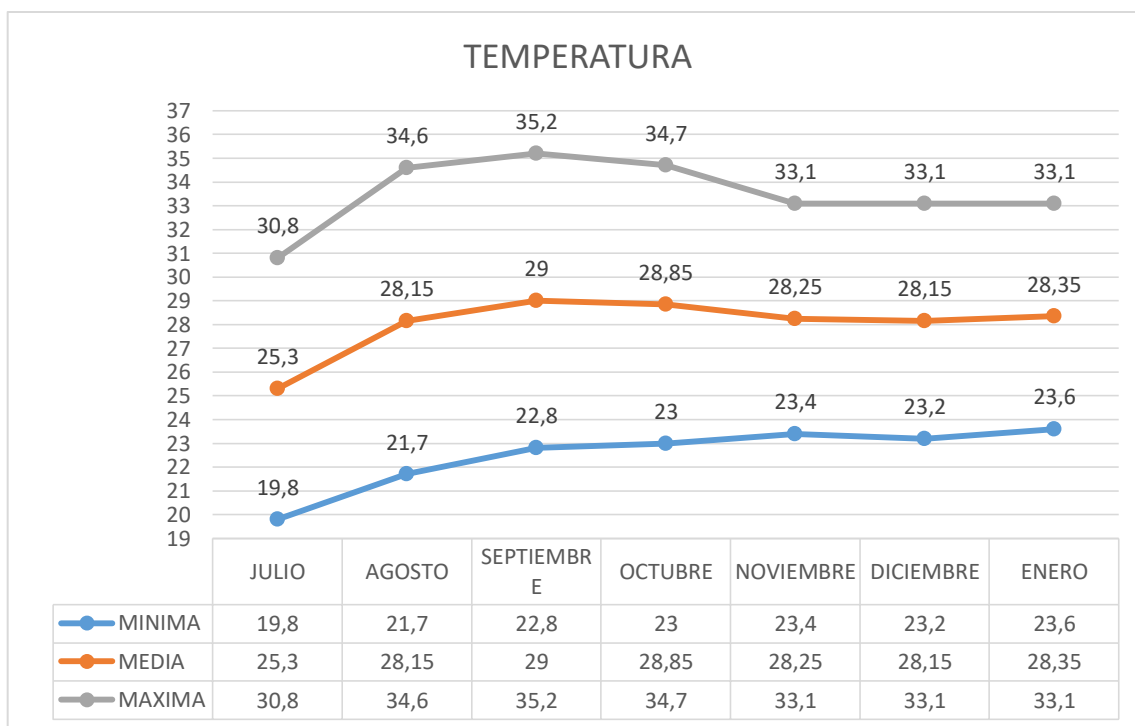
Registro de promedios mensuales de temperatura y precipitación pluvial durante la investigación

Meses	Temperaturas			Precipitación (mm)
	Mínima	Media	Máxima	
Julio	19,8	25,3	30,8	13,1
Agosto	21,7	28,15	34,6	37,3
Septiembre	22,8	29,0	35,2	16,8
Octubre	23	28,85	34,7	75
Noviembre	23,4	28,25	33,1	110,1
Diciembre	23,2	28,15	33,1	133,4
Enero	23,6	28,35	33,1	278,8
TOTAL				664,5
PROMEDIO	22,5	28,00	33,51	

Fuente: <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (julio de 2015 al 31 de enero del 2016)

El Gráfico N° 1, permite observar que los meses de septiembre y octubre se registraron las mayores temperaturas, mientras que el mes de julio se registró las temperaturas más baja.

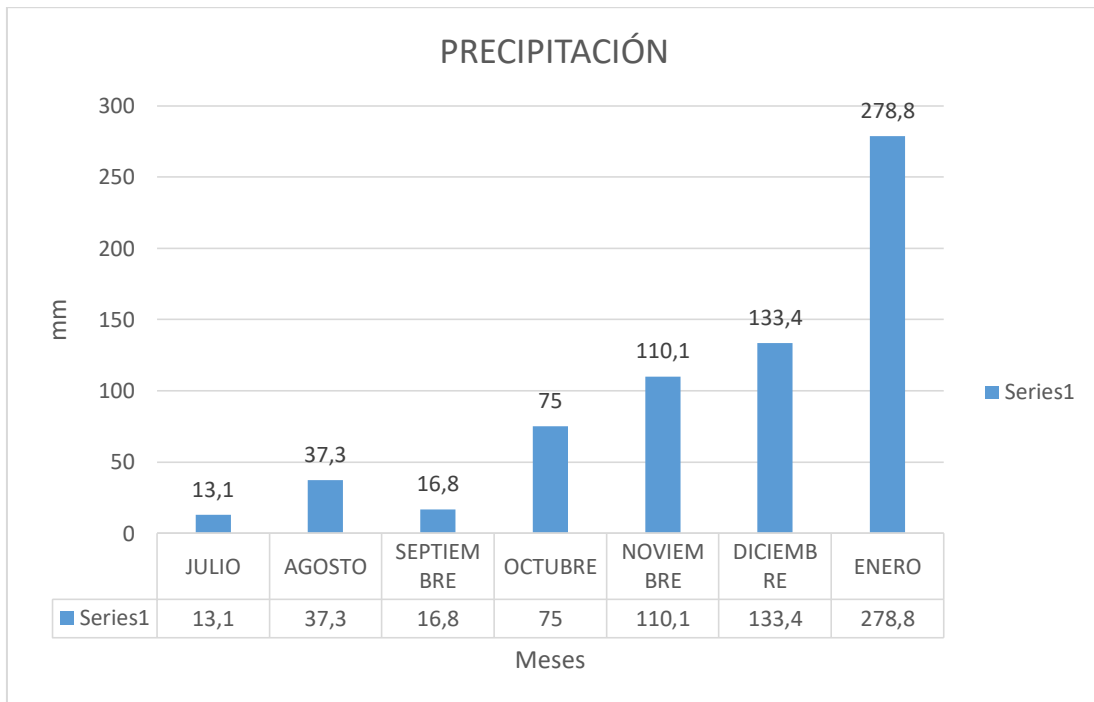
Gráfico N° 1
Promedios de Temperatura, durante la investigación



En el gráfico N° 2 se observa que el mes de julio se registró la menor precipitación con 13,1 mm, mientras que la máxima precipitación tuvo lugar en el mes de enero con 278,8 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 la investigación



4.2. PRIMER RESULTADO DE ANALISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

De acuerdo a los resultados de los análisis físicos y químicos del suelo, que se realizó en la parcela con plantaciones de teca, se tienen los siguientes resultados: con un pH 4,9 con la interpretación de fuertemente ácido; Materia Orgánica de 1,1 % (bajo); Fósforo con 4 ppm (bajo); Nitrógeno 0,08 % (muy bajo); Potasio 0,18 ppm (bajo); Sodio 0,5 ppm (medio); Calcio de 1,3 meq/100g % (medio); Magnesio 0,5 meq/100g (bajo) y por último el Aluminio fue de 2,3 meq/100g, clasificado como medio.

Cuadro N° 3
Primer resultado de análisis de laboratorio para el
cultivo de la Teca

Parámetros	Unidad	Muestreo I	Interpretación
Textura	(%)	Ar = 72,34	Franco
		L = 16,15	
		Y = 11,51	Arenoso
p ^H		4,9	Fuertemente ácido
M. O.	(%)	1,1	Bajo
Fosforo	(ppm)	4	Bajo
Nitrógeno	(%)	0,08	Muy bajo
Potasio	(ppm)	0,18	Bajo
Sodio	(ppm)	0,5	Medio
Calcio	(meq/100g)	1,3	Medio
Magnesio	(meq/100g)	0,5	Bajo
Aluminio	(meq/100g)	2,3	Medio

Fuente: Elaboración propia

Para la Melina los análisis físicos y químicos del suelo, se tienen los siguientes resultados: con un pH 5,1 con la interpretación de fuertemente ácido; Materia Orgánica de 1,3 % (bajo); Fosforo con 5,3 ppm (bajo); Nitrógeno 1,3 % (muy bajo); Potasio 0,22 ppm (medio); Sodio 0,7 ppm (medio); Calcio de 1,5 meq/100g % (medio); Magnesio 0,8 meq/100g (medio) y por último el Aluminio fue de 2,1 meq/100g, clasificado como medio.

Cuadro N° 4
Primer resultado de análisis de laboratorio para el
cultivo de la Melina

Parámetros	Unidad	Muestreo I	Interpretación
Textura	(%)	Ar = 65,22	Franco
		L = 21,48	
		Y = 13,30	Arenoso
p ^H		5,1	Fuertemente ácido
M. O.	(%)	1,3	Bajo
Fosforo	(ppm)	5,3	Bajo
Nitrógeno	(%)	1,3	Muy bajo
Potasio	(ppm)	0,22	Medio
Sodio	(ppm)	0,7	Medio
Calcio	(meq/100g)	1,5	Medio
Magnesio	(meq/100g)	0,8	Medio
Aluminio	(meq/100g)	2,1	Medio

Fuente: Elaboración propia

4.3. SEGUNDO RESULTADO DE ANALISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

Los resultados de los análisis físicos y químicos del suelo, que se realizó en la parcela con las plantaciones de teca, se tienen los siguientes resultados: con un pH 5,9 con la interpretación de fuertemente ácido; Materia Orgánica de 1,3 % (bajo); Fosforo con 1,3 ppm (bajo); Nitrógeno 0,8 % (muy bajo); Potasio 1,16 ppm (bajo); Sodio 0,17 ppm (muy bajo); Calcio de 1,33 meq/100g % (medio); Magnesio 0,8 meq/100g (medio) y por último el Aluminio fue de 2,9 meq/100g, clasificado como medio.

Cuadro N° 5
Segundo resultado de análisis de laboratorio para el
cultivo de la Teca

Parámetros		Muestreo I	Interpretación
Textura	(%)	Ar = 67,68	Arenoso
		L = 23,28	
		Y = 9,04	Franco
p ^H		5,9	Fuertemente ácido
M. O.	(%)	1,3	Bajo
Fosforo	(ppm)	1,3	Bajo
Nitrógeno	(%)	0,8	Muy bajo
Potasio	(ppm)	1,16	Bajo
Sodio	(ppm)	0,17	Muy bajo
Calcio	(meq/100g)	1,33	Medio
Magnesio	(meq/100g)	0,8	Medio
Aluminio	(meq/100g)	2,9	Medio

Fuente: Elaboración propia

Los análisis físicos y químicos del suelo, que se realizó en la parcela con las plantaciones de Melina, se tienen los siguientes resultados: con un pH 5,3 con la interpretación de moderadamente ácido; Materia Orgánica de 1,5 % (bajo); Fosforo con 2,2 ppm (bajo); Nitrógeno 0,9 % (muy bajo); Potasio 1,14 ppm (bajo); Sodio 0,15 ppm (muy bajo); Calcio de 1,01 meq/100g % (medio); Magnesio 0,65 meq/100g (medio) y por último el Aluminio fue de 2,7 meq/100g, clasificado como medio.

Cuadro N° 6
Segundo resultado de análisis de laboratorio para el
cultivo de la Melina

Parámetros		Muestreo I	Interpretación
Textura	(%)	Ar = 71,35	Arenoso
		L = 18,94	
		Y = 9,71	Franco
p ^H		5,3	Mod. ácido
M. O.	(%)	1,5	Bajo
Fosforo	(ppm)	2,2	Bajo
Nitrógeno	(%)	0,9	Muy bajo
Potasio	(ppm)	1,14	Bajo
Sodio	(ppm)	0,15	Muy bajo
Calcio	(meq/100g)	1,01	Medio
Magnesio	(meq/100g)	0,65	Medio
Aluminio	(meq/100g)	2,7	Medio

Fuente: Elaboración propia

4.4. TERCER RESULTADO DE ANALISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

De acuerdo a los resultados de los análisis físicos y químicos del suelo, que se realizó en la parcela con las plantaciones de teca, se tienen los siguientes resultados: con un pH 4,6 (fuertemente ácido); Materia Orgánica de 0,87 % (bajo); Fosforo con 0,28 ppm (bajo); Nitrógeno 0,09 % (muy bajo); Potasio 0,21 ppm (bajo); Sodio 0,15 ppm (muy bajo); Calcio de 1,8 meq/100g % (medio); Magnesio 0,8 meq/100g (medio) y por último el Aluminio fue de 2,8 me/100g, clasificado como medio.

Cuadro N° 7
Tercer resultado de análisis de laboratorio para el
cultivo de la Teca

Parámetros		Muestreo I	Interpretación
Textura	(%)	Ar = 76,22	Franco Arenoso
		L = 14,52	
		Y = 9,26	
p ^H		4,6	Fuertemente ácido
M. O.	(%)	0,87	Bajo
Fosforo	(ppm)	0,28	Bajo
Nitrógeno	(%)	0,09	Muy bajo
Potasio	(ppm)	0,21	Bajo
Sodio	(ppm)	0,15	Muy bajo
Calcio	(meq/100g)	1,8	Medio
Magnesio	(meq/100g)	0,8	Medio
Aluminio	(meq/100g)	2,8	Medio

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de los análisis físicos y químicos del suelo, que se realizó en la parcela con las plantaciones de Melina, se tienen los siguientes resultados: con un pH 4,8 (fuertemente ácido); Materia Orgánica de 1,3 % (bajo); Fosforo con 0,3 ppm (bajo); Nitrógeno 0,12 % (muy bajo); Potasio 0,18 ppm (bajo); Sodio 0,14 ppm (muy bajo); Calcio de 1,2 meq/100g % (medio); Magnesio 0,9 meq/100g (medio) y por último el Aluminio fue de 2,6 me/100g, clasificado como medio.

Cuadro N° 8
Tercer resultado de análisis de laboratorio para el
cultivo de la Melina

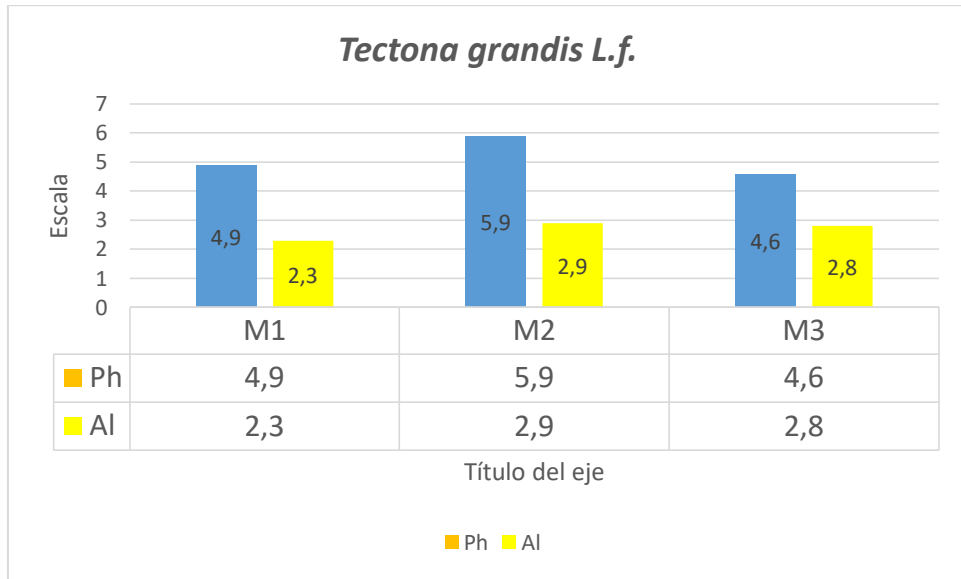
Parámetros		Muestreo I	Interpretación
Textura	(%)	Ar = 62,21	Franco Arenoso
		L = 20,46	
		Y = 17,33	
p ^H		4,8	Fuertemente ácido
M. O.	(%)	1,3	Bajo
Fosforo	(ppm)	0,3	Bajo
Nitrógeno	(%)	0,12	Muy bajo
Potasio	(ppm)	0,18	Bajo
Sodio	(ppm)	0,14	Muy bajo
Calcio	(meq/100g)	1,2	Medio
Magnesio	(meq/100g)	0,9	Medio
Aluminio	(meq/100g)	2,6	Medio

Fuente: Elaboración propia

Comparación del pH del suelo y el Aluminio en plantaciones de Tecas

En el siguiente gráfico N° 3, podemos observar el aumento del pH en el suelo, en el primer muestreo se tiene 4,9 de pH (fuertemente ácido), en el segundo muestreo sube a pH de 5,9 (moderadamente ácido) y en el tercer muestreo se observó que el pH bajo a 4,6. clasificado como fuertemente ácido, en el caso del aluminio de la misma manera se observa que aumenta en el segundo muestreo y tiene una descendencia en el tercer análisis.

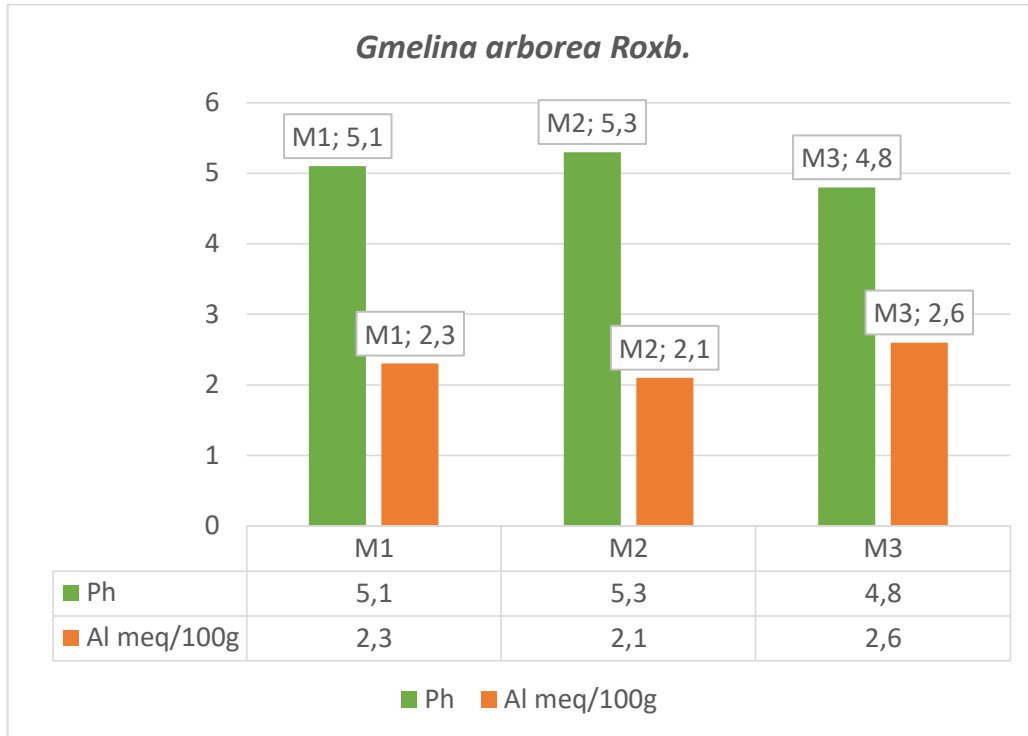
Gráfico N° 3
Comparación del pH y Aluminio sobre el suelo



Comparación del pH del suelo y el Aluminio en plantaciones de Melinas

En el siguiente gráfico N° 4, en el caso de las plantas de melinas, podemos observar el aumento del pH en el suelo, en el primer muestreo se tiene 5,1 de pH (fuertemente ácido), en el segundo muestreo sube a pH de 5,3 (moderadamente ácido) y en el tercer muestreo se observó que el pH bajo a 4,8. clasificado como fuertemente ácido, en el caso del aluminio se observó que en el segundo muestreo bajo y volvió a subir en el tercer análisis.

Gráfico N° 4
Comparación del pH y Aluminio sobre el suelo

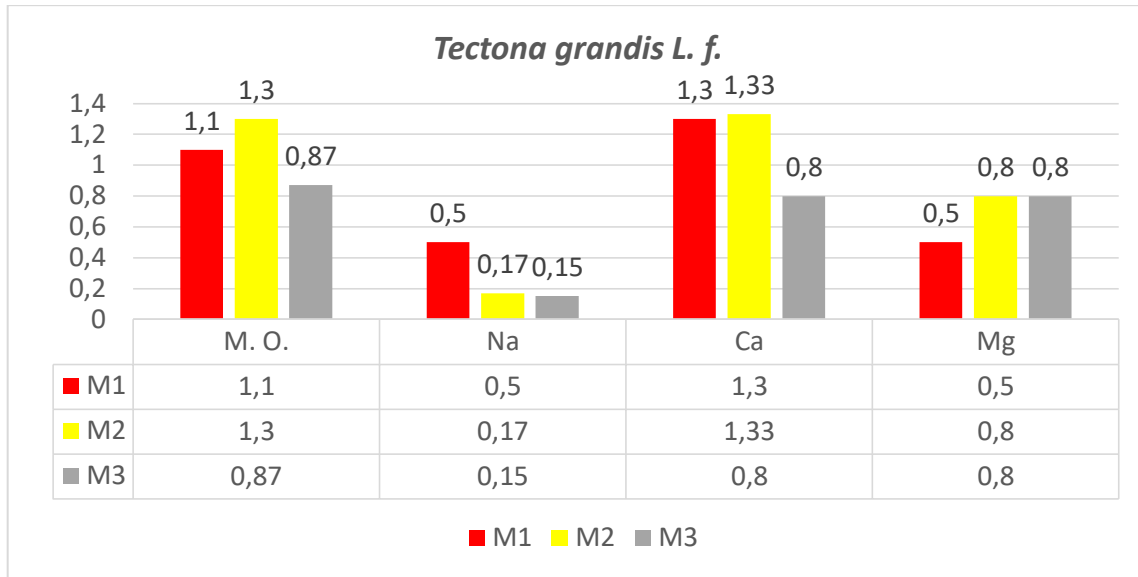


Comparación del aporte de nutrientes sobre el suelo de la Teca

En el gráfico N° 5, se observa el aporte a la fertilidad del suelo de la teca (*Tectona grandis L. F.*) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, se observó que en el primer muestreo el contenido de Materia Orgánica fue 1,1 %, en el segundo ascendió a 1,3 %; y en el tercero descendió a 0,87 %. En el caso del sodio en el primer muestreo es de 0,5 ppm y bajo en los subsiguientes. El calcio se evidencio, que el mejor aporte se dio en el segundo análisis con 1,33 meq/100 g de suelos, al igual que el magnesio con 0,8 meq/100 g de suelos.

Gráfico N° 5

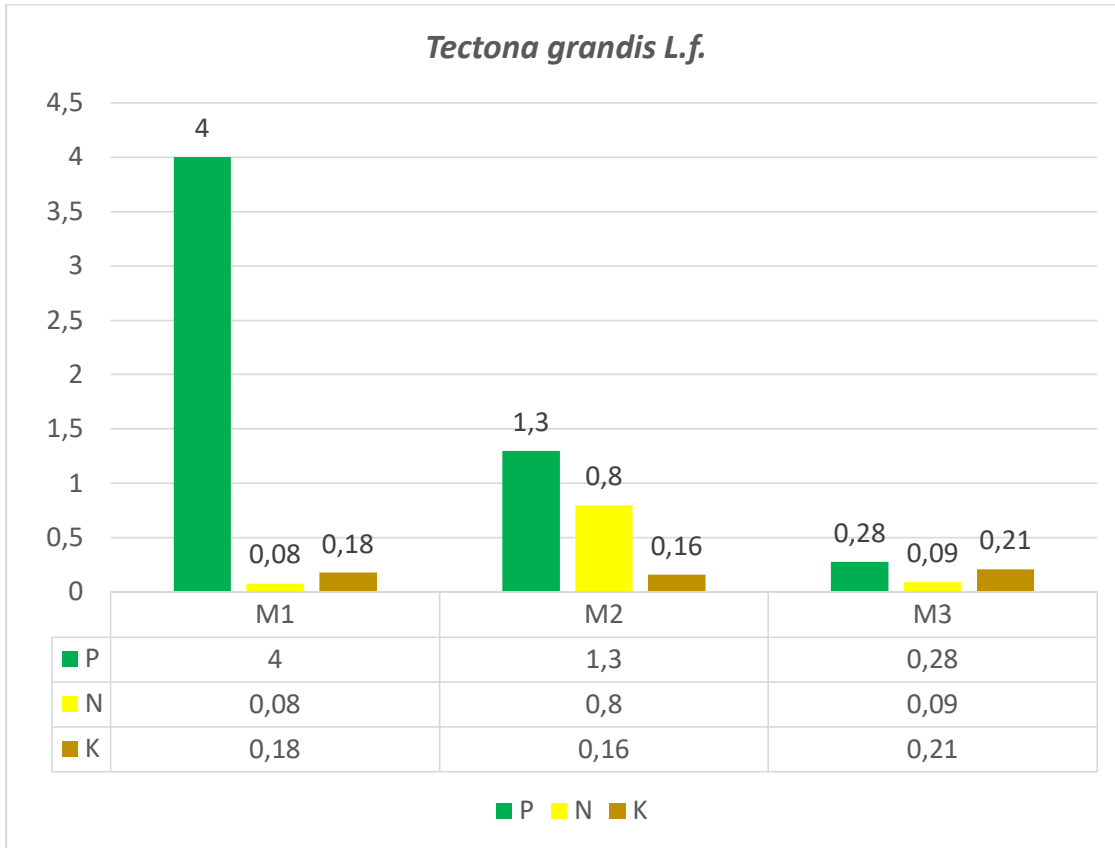
Comparación del aporte de nutrientes sobre las propiedades físicas y químicas del suelo cultivo de la Teca



Comparación del aporte de nutrientes sobre el suelo de la Teca

En el gráfico N° 6, se observa el aporte a la fertilidad del suelo *Tectona grandis L. F.* sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, se observó que en el primer muestreo el contenido de fósforo fue superior a los demás con 4 ppm, mientras que el mejor aporte de nitrógeno se dio en el segundo muestreo con 0,8 %, y el potasio se dio en el segundo análisis con 0,16 ppm.

Gráfico N° 6
Comparación del aporte de nutrientes sobre las
propiedades físicas y químicas del suelo
cultivo de la Teca

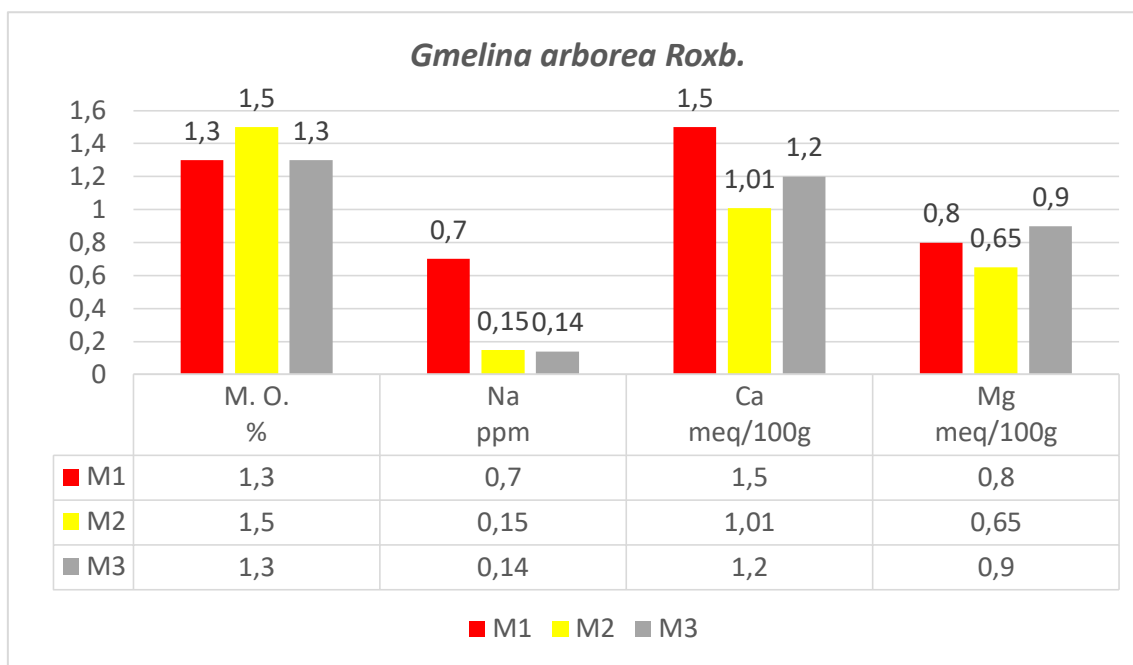


Comparación del aporte de nutrientes sobre el suelo de la Melina

En el gráfico N° 7, se observa el aporte a la fertilidad del suelo de la ***Gmelina arborea Roxb.*** sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, se observó que en el primer y segundo muestreo el contenido de Materia Orgánica fue 1,3 %, en el segundo ascendió a 1,5 %. El sodio en el primer muestreo fue superior a los demás. El calcio se evidencio, que el mejor aporte se dio en el primer análisis con 1,5 meq/100 g de suelos seguido del tercer muestreo, en el caso del magnesio se observó que el tercer muestreo fue el mejor con 0,9 meq/100 g de suelos.

Gráfico N° 7

Comparación del aporte de nutrientes sobre las propiedades físicas y químicas del suelo cultivo de la Melina

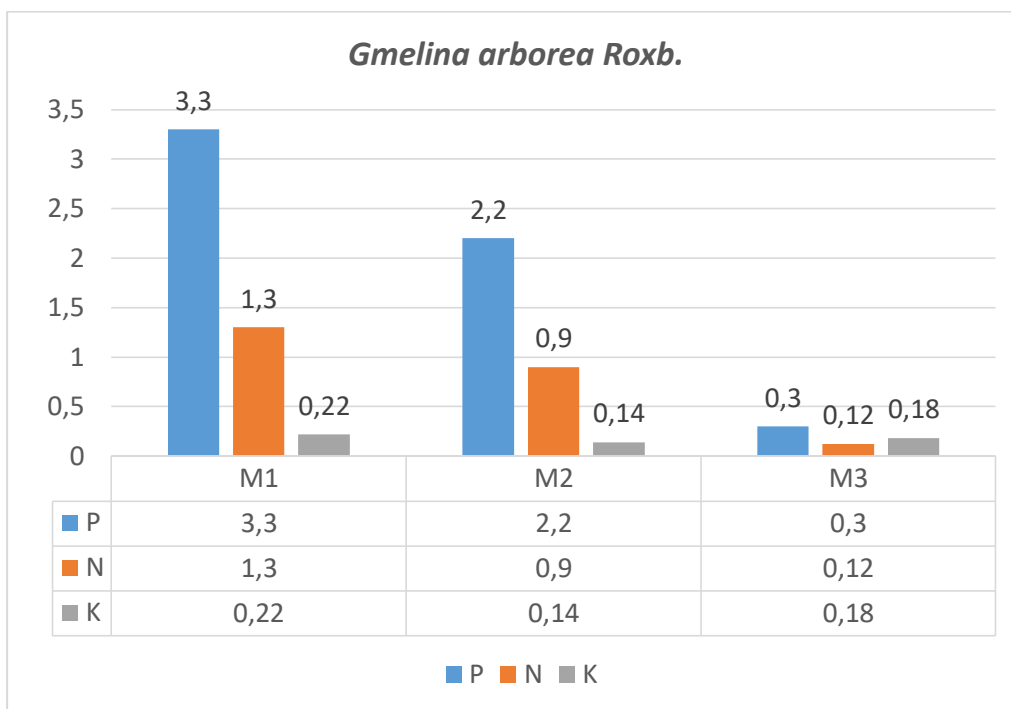


Comparación del aporte de nutrientes sobre el suelo de la Melina

En el gráfico N° 8, se observa el aporte a la fertilidad del suelo *Gmelina arborea Roxb.* sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, donde que en el primer muestreo el contenido de fosforo fue superior a los demás con 3,3 ppm, y el contenido de nitrógeno con 0,9 %, y el potasio se dio en el primer análisis con 1,3 ppm. Seguido del segundo muestreo con 0,9 ppm.

Gráfico N° 8

Comparación del aporte de nutrientes sobre las propiedades físicas y químicas del suelo cultivo de la Melina



6. DISCUSIÓN

5.1. Datos meteorológicos

El crecimiento óptimo de la teca tienen lugar con una temperatura mensual mínima superior a 13 °C y una temperatura mensual máxima de 40 °C (Kishnapillay, 2000). Hashim (1999), ubica a la temperatura óptima para el desarrollo de la especie entre los 27 y 36 °C y unas temperaturas nocturnas que vayan desde los 25°C hasta los 30 °C. El mismo autor, recomienda sitios con precipitaciones anuales entre 1200 y 3000 mm con estaciones secas y lluviosas bien marcadas.

Lamprecht (1990) indica que la teca requiere de una estación seca bien definida, que en los lugares donde se distribuye naturalmente comprende de tres a siete meses, con una precipitación media anual de 760 a 5000 mm y una temperatura media de 21 a 28° C.

En la presente investigación, la temperatura media fue de 28 °C, la mínima de 22,5 °C y la máxima de 33,51°C., registrándose la menor temperatura media en el mes de julio con 25,3°C y una mínima en el mismo mes de julio con 19,8°C y la máxima en los mes de septiembre con 35,2°C; la precipitación pluvial total fue de 664,5 mm, el mes de julio se registró la menor precipitación con 13,1 mm, mientras que la máxima precipitación tuvo lugar en el mes de enero con 278,8 mm.

De acuerdo a bibliografía consultada los datos obtenidos de temperatura y precipitación, se enmarcan dentro de los resultados obtenidos durante la investigación.

6.2. SUELO Y pH

La teca crece en áreas entre el nivel del mar, como en Java, hasta una altitud de 1200 mm en el centro de la India. 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 suelos muy extremas, siempre que exista un drenaje adecuado. (Geigel, 1997).

Prefiere suelos arenosos o franco arenosos, bien desarrollados, bien drenados y aireados, aún más si son aluviales. Tiene capacidad de adaptación a suelos pobres y a suelos calcáreos. Se acomoda a una gran variedad de suelos con buen drenaje interno y en áreas de suelos arcillosos pesados.

El suelo donde se realizó la presente investigación presentó diferentes clases texturales; desde franco arenoso, Arenoso franco.

Los valores de pH, para el cultivo de tecas varío desde 4,6 a 5,9, y para el cultivo de melina fue desde 4,8 a 5,3 de pH.

De acuerdo a la bibliografía citada, el presente trabajo de investigación se realizó en los límites establecidos, por los resultados registrados se puede apreciar que las características físico – químicas y el pH del suelo, han jugado un papel fundamental, valores que nos afirman que el lugar donde se realizó el ensayo presenta condiciones favorables para el desarrollo del cultivo de la teca y melina.

6.3. FÍSICOS Y QUÍMICOS

Entre los factores limitantes más importantes para el crecimiento de la teca se consideran los terrenos relativamente planos, el suelo poco profundo (con afloramiento rocoso o roca a poca profundidad), mal drenados, o sitios

anegados. Suelos compactados o arcillosos. Sitios planos con un estrato superficial de arena, suelos lateríticos duros, suelos profundos secos y arenosos no son recomendables, en cuanto a las condiciones químicas, el bajo contenido de calcio, magnesio y fósforo, limitan el desarrollo de la especie, también el alto contenido de hierro (Fe) y de aluminio (Al) intercambiable. (Haynes y Williams 1993).

En un estudio realizado en Kerala, India (Jose y Koshy 1972), se compararon las características de los suelos bajo un bosque natural y en plantaciones de teca de 1, 15, 30, 60 y 120 años de edad (establecidas en áreas cuyo uso anterior eran bosques naturales). Todos los suelos estudiados eran de origen laterítico, planos y con alturas entre 100 y 200 msnm. El contenido de materia orgánica tuvo una correlación positiva con la edad del rodal; sin embargo, en plantaciones con edades entre 1 y 30 años, el contenido de materia orgánica disminuyó en comparación con el que originalmente tenían los bosques naturales (como efecto de la remoción del bosque se incrementó el movimiento de aire en el suelo y facilitó la oxidación de la (MO) y luego vuelve a aumentar (a los 60 años) hasta contar con niveles similares al de los bosques naturales).

Se encontraron diferencias en muchas de las propiedades químicas analizadas en el suelo al hacer una comparación de plantaciones de 12, 7 y 2 años, aumentando los contenidos de materia orgánica y N en función de la edad. Observaron también que en la plantación más vieja aumentó significativamente el pH del suelo en los primeros 40 cm de profundidad, así como también su contenido de Ca y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), indicando que se debe a la incorporación de la hojarasca sobre el primer horizonte. El contenido de K en el suelo no mostró variaciones significativas entre plantaciones de distintas edades y el P presentó una disminución (3.1 ppm en la plantación de 2 años a 1.1 en la de 12), lo cual atribuyeron a su absorción continua y una redistribución interna en los tejidos en crecimiento.

La Melina requiere de suelos profundos, húmedos pero bien drenados, sin obstáculos de desarrollo radical y el valor de pH debe encontrarse entre 5 ó 6 de acidez. Según las características anteriores, se puede observar que la Melina requiere de condiciones edáficas en cuanto a estructura muy similares a la teca, su diferencia está en la capacidad de la Melina para tolerar suelos con profundidad efectiva menor y la capacidad de crecer en suelos con mayores niveles de pendiente. En cuanto a las condiciones químicas la Melina tolera suelos más ácidos y las concentraciones de los nutrientes son variables, la Teca es exigente de elementos como calcio, fósforo y magnesio, Mientras que la Melina requiere de Potasio. Otra ventaja de la Melina es que permite los cortos turnos de cosecha que van desde los 6- 8 años para pulpa y de los 8 a 12 años para aserrío (en comparación con la teca que requiere cerca de 25 años hasta la cosecha final). En Costa Rica hay un mercado establecido para Melina especialmente para la producción de embalaje, cada año se produce cerca de 4.9 millones de tarimas (Barrantes y Salazar 2009), estas tarimas se usan para exportar los productos agrícolas de Costa Rica.

De acuerdo con la bibliografía consultada se afirma que los resultados de la presente investigación se enmarcan con la bibliografía consultada arriba citada.

7. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos, se da las siguientes conclusiones:

- El suelo donde se realizó la investigación fue de textura FRANCO ARENOSO; en los tres momentos del muestreo.
- El pH del suelo en las plantaciones de tecas, el primer muestreo fue de 4,9, segundo muestreo pH de 5,9, y en el tercer muestreo fue pH 4,6; en el caso del cultivo de melinas, se tubo 5,1 de pH en el primer muestreo, 5,3 en el segundo y 4,8 en el tercer muestreo, evidenciándose que en el segundo muestreo se tiene un aumento del pH, en la presente investigación.
- De acuerdo a los resultados de los análisis de suelo el aumento de la Materia Orgánica se evidencia que hubo un aumento en porcentaje, en el segundo muestreo con 1,3 % para el cultivo de la teca; en el caso de la melina de igual manera se da en el segundo análisis con 1,5 %.
- El Nitrógeno en el presente trabajo ensayo el mayor porcentaje fue en el segundo muestreo con 0,8 %, para la teca; en la melina se dio en el primer muestreo del suelo con 1,3 %.
- El contenido de Calcio fue de 1,5 meq/100 g de suelos, 1,01 meq/100 g de suelo y 1,2 meq/100 g de suelo en el cultivo de la melina; para la teca fue 1,3 en el primer muestreo, 1,33 para el segundo como mayor cantidad y 0,8 meq/100 g de suelo.

8. RECOMENDACIONES

Al concluir el presente trabajo de investigación y tomando en cuenta los resultados obtenidos, podemos dar las siguientes recomendaciones.

- ✓ Se recomienda sembrar estas dos especies en áreas degradadas ya que mejoran las características físicas y químicas de los suelos.
- ✓ Implementar la teca y la melina en asociación en los sistemas agroforestales.
- ✓ Realizar investigaciones, que tengan un tiempo de evaluación más largo.
- ✓ Ejecutar otras investigaciones sobre el establecimiento de la teca asociadas con otras especies forestales y frutales, orientadas a mantener la humedad del suelo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alán, E.; Barrantes, U.; Soto, A. y Agüero, R. 1995. Elementos para el manejo de malezas en agro ecosistemas tropicales. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 223 p.
- Aguirre, Avelino. 1993. Estudio silvicultura y económico del sistema taungya en las condiciones de Turrialba. Turrialba. 13 (3): 168-71.
- Alvarado, A. 2006. Nutrición y fertilización de la teca. Informaciones Agronómicas. 61:1-8.
- Balagopalan, M; Jose, Al. 1997. Effect of tree species on soil properties along a transect through teak, eucalypt and rubber in Kerala. *In* Chand Basha, S; Mohanan, C; Sankar, S. Proceedings of the international teak symposium, Thiruvananthapuram, Kerala, India. p. 236-241 Haynes, RJ; Williams, PH. 1993.
- Bebarta, K.C. 1999. Teak: Ecology, Silviculture, Management and profitability. India. International Book Distributors. 379 p.
- Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San Jose. 157 p.
- Belsky, AJ; Amundson, RG; Duxbury, JM; Riha, SJ, Ali, AR; Mwonga SM. 1989. The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. *Journal of Applied Ecology* 26:1005-1024.
- Briscoe, C. 1995. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. CATIE/MADELEÑA. Serie Técnica. Informe técnico No. 270. Turrialba, C.R. 43 p.
- Brooks, R.L. 1999. Forestry in Trinidad and Tobago. *Caribbean Forester*. 1 (1): 14-15.
- Centeno, J C, 1997, The management of teak plantations. ITTO Tropical Forest Update. 7 (2):10-12 Amponsah, IG. 1998. Forest soil characteristics and variability under teak (*Tectona grandis* Linn. F) plantations and natural

- forests in Ashanti Region, Ghana. MScF thesis, Faculty of Forestry and the Forest Environment, Lakehead University, Thunder Bay. Ont. 88 p.
- Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Consultada 24 oct. 2006. Disponible en <http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Siavosh6.htm>
- Chaves, E. y Fonseca, W. 1991. Teca: *Tectona grandis* L. f., especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. 47 p. Serie Técnica. Informe Técnico no. 179.
- Chaves, Eladio; Fonseca, Willian. 1991. Teca, *Tectona grandis* L.f., especie de árbol de uso multiple en América Central. Informe técnico 179. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza. 47 p.
- Drechsel, P; Zech, W. 1991. Foliar nutrient levels of broad-leaved tropical trees: a tabular review. *Plant and Soil*. 131:29-46.
- Etchevers B., J. D. y Padilla C., J. 2007. Diagnóstico de fertilidad del suelo. *In*: Nutrición de cultivos.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); ISRIC (International soil reference information centre). 1990. Guidelines for soil description. 3 ed. rev. Roma, IT, FAO. 70 p.
- Ficha técnica nº 1: teca 9 julio, 2012 por admin. <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-1-teca/>. (Consulta 10 de abril del 2015)
- Fisher, RF. 1995. Amelioration of degraded rain forest soils by plantations of native trees. *Soil Science of America Journal* 59 (2): 544-549.
- Fraile Merino, J. 1989. Poblaciones de lombrices de tierra (oligochaeta: annelidae) en una pastura de *Cynodon plectostachyus* (pasto estrella) asociada con árboles de *Erythrina poeppigiana* (poro), una pastura asociada con árboles de *Cordia allidodora* (laurel), una pastura sin árboles y vegetación a libre crecimiento, en el CATIE, Turrialba Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 236 p.
- G. Alcántar G. y L. Trejo – Téllez (Coord.). México. Mundi – Prensa, Colegio de

- Posgraduados. 454 p. p. 249 – 272.
- Gonzales, Rodrigo. 1980. Plantaciones forestales a nivel experimental en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 4 (1): 99-109.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2005. Reglamento del programa de incentivos forestales (en línea). Guatemala, GT. Consultado 12 oct. 2005. Disponible en <http://www.inab.gob.gt/>
- Jose, AI; Koshy, MM. 1972. A study of the morphological, physical and chemical characteristics of soil as influenced by teak vegetation. *Indian Forester*. 98(6): 338-348.
- Laurie, M.J. 1975. Prácticas de plantación de árboles en la sabana africana. FAO. Cuadernos de Fomento Forestal No. 19. 203p.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Trad. A Carrillo. GTZ. Eschborn. 335 p.
- Lundgren, B. 1978. Soil conditions and nutrient cycling under natural and plantation forests in Tanzanian highlands. Reports in Forest Ecology and Forest Soils No. 31, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, SE. 426 p.
- Márquez, O; Hernández, A; Torres, A; Franco, W. 1993. Cambios en las propiedades físico-químicas de los suelos en una cronosecuencia de *Tectona grandis*. *Turrialba* 43(1): 37-41.
- Mollinedo García, MS. 2003. Relación suelo-planta, factores de sitio y respuesta a la fertilización, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* L.f.) en la zona oeste, cuenca del canal de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 89 p.
- Montagnini, F; Sancho, F. (1990). Ensayos forestales con especies nativas: impacto sobre la fertilidad del suelo en la llanura del Atlántico de Costa Rica. *Biocenosis*. Nueva serie 7(1):11-16.
- Montero Mata, M. 1999. Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L.F. y *Bombacopsis quinatum* (Jacq), Dugand, en Costa

- Rica. Tesis Mag. Sc. Valdivia, CL. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 111 p.
- Nair, PKR. 1984. Soil productivity aspects of agroforestry. Science and practice of agroforestry 1. Nairobi, Kenya, ICRAF. 85 p.
- Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy* 49:119-199
- Rodríguez Fuentes, H; Rodríguez Absi, J. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. Distrito Federal, MX. Trillas. 196 p.
- Sadeghian, S; Rivera, JM; Gómez ME. 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia.
- Salas, G de las. 1987. Suelos y ecosistemas forestales: con énfasis en América tropical. San José, CR. IICA. 447 p.
- Singh, K.P.; Srivastava, S.K. 1984. Spatial distribution of fine root mass in Young trees (*Tectona grandis*) of varying girth sizes. *Pedobiologia* 27 (3): 161-170.
- Torres Munevar, MI. 1995. Características físicas, químicas y biológicas en suelos bajo pasturas de *Brachiaria brizantha* sola y en asocio con *Arachis pintoi*, después de cuatro años de pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 98 p.
- Troup, J.K. 1991. Teak: some aspects of research and development. RAPA publicación: 1991/17. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA). 53 p. y ref.
- Vaides López, EE. 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona grandis* L. f.) en plantaciones forestales de diferentes regiones de Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.
- Vallejos Barra, OS. 1996. Productividad y relaciones del 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. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 147 p.
- Weaver, PL. 1993. *Tectona grandis* L.f. Teca (en línea). New Orleans, LA: US. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Consultado 7 oct. 2005. Disponible en <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Tectonagrandis.pdf>
- Zech, W. Drechsel, P. 1991. Relationships between growth, mineral nutrition and site factors of teak (*Toctona grandis*) plantation in the rainforest zone of Liberia. *Forest Ecology and Management* 41:221-235.
- ZONISIG, 1997. Zonificación Agroecológica y Socio Económico y Perfil Ambiental del departamento de Pando.

ANEXO Nº 1



Medición de la parcela



Toma de muestras de suelos