



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

“RESPUESTA INICIAL DE UNA PLANTACIÓN DE *Tectona grandis* L.f A LA FERTILIZACIÓN CON N-P-K; N-P Y MURIATO DE POTASIO EN LOS PREDIOS DE LA EMPRESA FIDEICOMISO PALMAR DEL RÍO CANTÓN COCA PROVINCIA DE ORELLANA”

**TÉSIS DE GRADO PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO FORESTAL**

RESPONSABLES:

**JOSÉ MAURICIO GUARNIZO ROJAS
BYRON GONZALO PALACIOS HERRERA**

**DIRECTOR:
ASESORES:**

**Ing. HÓNIAS CARTUCHE O. M. Sc.
Ing. JORGE GALVEZ.
Ing. LUIS SINCHE FERNANDEZ.**

LOJA -- ECUADOR

2007

Señor Ingeniero

Honias Cartuche Ordóñez Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA

Que la tesis titulada **“RESPUESTA INICIAL DE UNA PLANTACIÓN DE *Tectona grandis* L.f A LA FERTILIZACIÓN CON N-P-K; N-P Y MURIATO DE POTASIO EN LOS PREDIOS DE LA EMPRESA FIDEICOMISO PALMAR DEL RÍO CANTÓN COCA PROVINCIA DE ORELLANA”** de autoría de los señores egresados de la carrera de Ingeniería Forestal **JOSÉ MAURICIO GUARNIZO ROJAS y BYRON GONZALO PALACIOS HERRERA** ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad.

Por lo que autorizo al señor egresado su publicación definitiva.

Loja, enero 2008.

Ing. For. Honias Cartuche Ordóñez Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Señor Ingeniero

Jorge García Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

CERTIFICA

Que en la tesis titulada **“RESPUESTA INICIAL DE UNA PLANTACIÓN DE *Tectona grandis* L.f A LA FERTILIZACIÓN CON N-P-K; N-P Y MURIATO DE POTASIO EN LOS PREDIOS DE LA EMPRESA FIDEICOMISO PALMAR DEL RÍO CANTÓN COCA PROVINCIA DE ORELLANA”** de autoría de los señores egresados de la carrera de Ingeniería Forestal **JOSÉ MAURICIO GUARNIZO ROJAS y BYRON GONZALO PALACIOS HERRERA** han sido incorporadas las sugerencias dispuestas por el tribunal calificador y luego de su revisión se ha procedido a su calificación y aprobación.

Por lo que autorizo al señor egresado su publicación definitiva.

Loja, enero 2008

Jorge García Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

RESPUESTA INICIAL DE UNA PLANTACIÓN DE *Tectona grandis* L.f A LA FERTILIZACIÓN CON N-P-K; N-P Y MURIATO DE POTASIO EN LOS PREDIOS DE LA EMPRESA FIDEICOMISO PALMAR DEL RÍO CANTÓN COCA PROVINCIA DE ORELLANA

TESIS DE GRADO

Presentada al Tribunal Calificador para obtener título de:

INGENIERO FORESTAL

Carrera de Ingeniería Forestal del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

APROBADA POR:

Ing. Jorge García Mg. Sc

PRESIDENTE

Ing. Walter Apolo Mg. Sc.

VOCAL

Ing. Héctor Maza Mg. Sc.

VOCAL



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

AUTORÍA

LAS IDEAS EXPUESTAS EN EL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ASÍ COMO LOS RESULTADOS, DISCUSIONES Y CONCLUSIONES SON EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES.

José Mauricio Guarnizo Rojas

Byron Gonzalo Palacios Herrera

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo va dedicado a mis padres, en especial a María mi madre, que ha sido el pilar fundamental durante mi vida, a mi padre (Q.E.P.D.), a mis hermanos Geovanny, Pablo, Paolita, Daniel y Byron Israel, quienes supieron compartir y brindar todo su apoyo y cariño para conseguir este logro en mi vida profesional. A mis sobrinos el pequeño Bryan, Tina, Lucas, Chiara y Marcos Andre.

J. Mauricio

*LA PRESENTE INVESTIGACIÓN LA DEDICO A MIS
PADRES EN ESPECIAL A MI MADRE MARIANITA
HERRERA POR SU APOYO INCONDICIONAL PARA PODER
LOGRAR OBTENER MI FORMACIÓN PROFESIONAL, A MI
HERMANA MÓNICA, IVONNE, JOHNNY A MIS PRIMOS
GALO, MANUEL, VINICIO, OLGA Y DEMÁS FAMILIARES
QUE ME DIERON TODO SU APOYO PARA CULMINAR CON
ÉXITO MI CARRERA PROFESIONAL.*

BYRON PALACIOS

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, al ÁREA AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES, y en especial expresamos gratitud eterna y sincera a la CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL, donde se nos impartió todos los conocimientos teóricos y técnicos para culminar nuestra formación Profesional.

Al Ing. Honías Cartuche, director de la tesis; Ing. Jorge Gálvez, Ing. Luis Sinche, asesores de la investigación por su aporte en la dirección de la misma.

A los miembros del tribunal calificador de la tesis: Ing. Jorge García, Ing. Walter Apolo, Ing. Héctor Maza por sus sugerencias, aportes y conclusiones de la investigación.

Agradecemos a la “EMPRESA FIDEICOMISO PALMAR DEL RIO” por medio del Dr. Carlos Galarza Gerente de la misma; Ing. Luis Calderón Técnico del proyecto Forestal Teca, que por medio de su apoyo contribuyeron para el desarrollo de esta investigación.

En general a todos nuestros familiares, compañeros y amigos que constantemente nos brindaron su incondicional apoyo, para la culminación de nuestros estudios universitarios.

LOS AUTORES

CONTENIDO

	<i>Página</i>
AUTORIA	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	5
3. REVISIÓN DE LITERATURA	8
3.1. DESCRIPCIÓN DE ESPECIE (<i>Tectona grandis</i> L.f)	8
3.1.1. Nomenclatura	8
3.1.2. Nombres Comunes	8
3.1.3. Distribución Natural	8
3.1.4. Distribución Artificial	9
3.1.5. Descripción Botánica	10
3.1.6. Sitios Óptimos	11
3.1.7. Requerimientos Ambientales y Rango de Distribución	12
3.1.8. Características y Propiedades de la Madera	13
3.1.9. Fertilización de Mantenimiento	14
3.1.10. Uso en Sistemas Agroforestales	15
3.1.11. Uso Recomendado de la Madera	16
3.1.12. Otros Usos	17
3.2. LOS NUTRIENTES, SUS FUNCIONES EN LAS PLANTAS Y SUS FUENTES	18
3.2.1. Los Nutrientes Necesarios Para el Crecimiento de las Plantas	18
3.2.2. Las Funciones de los Nutrientes	19
3.2.2.1. Los macronutrientes	19
3.2.2.2. Los micronutrientes o microelementos	21
3.2.3. La Reacción del Suelo y el Encalado	22
3.2.4. Síntomas de Carencia de Fertilizantes en las Plantas .23	
3.2.4.1. Deficiencia de nitrógeno	24
3.2.4.2. Deficiencia de fósforo	25
3.2.4.3. Deficiencia de potasio	25
3.2.4.4. Deficiencia de magnesio	25
3.2.4.5. Deficiencia de azufre	26
3.2.4.6. Deficiencia de calcio	26

3.2.4.7.	Deficiencia de boro	26
3.2.4.8.	Deficiencia de zinc	27
3.2.4.9.	Deficiencia de hierro.....	27
3.3.	FERTILIZANTES.....	27
3.3.1.	Fertilizantes Orgánicos	28
3.3.1.1.	Los estiércoles.....	29
3.3.1.2.	Cachaza de ingenios azucareros.....	29
3.3.1.3.	El compost o composta	29
3.3.1.4.	Leguminosas como abonos verdes y/o fijadoras de nitrógeno	30
3.3.2.	Fertilizantes Inorgánicos.....	30
3.3.2.1.	Por Su Estado Físico	30
a.)	Los abonos sólidos	31
b.)	Los abonos líquidos.....	31
c.)	Los abonos gaseosos	31
3.3.2.2.	Por su formulación.....	32
a.)	Abonos simples.....	32
b.)	Abonos compuestos	33
c.)	Compuestos complejos	34
3.3.3.	Corrección y enmiendas de los suelos.....	35
3.3.3.1.	Corrección de suelos ácidos	36
3.3.3.2.	Corrección de suelos alcalinos.....	37
3.3.3.3.	Corrección de suelos muy ligeros o sueltos	38
3.3.3.4.	Corrección de suelos, muy pesados.....	39
3.4.	FERTILIZACIÓN FORESTAL	40
3.5.	LA REFORESTACIÓN EN EL ECUADOR.....	42
3.5.1.	Antecedentes	42
3.5.2.	Plantaciones Forestales	43
3.5.2.1.	Plantaciones agrosilvopastoriles.....	43
3.5.2.2.	Plantaciones forestales o Puras	44
3.5.3.	Desarrollo de las plantaciones en el Ecuador	44
3.6.	MONITOREO DE LAS PLANTACIONES.....	46
3.6.1.	Monitoreo	46
3.6.1.1.	Parcelas de monitoreo.....	46
a.)	Parcelas temporales	47
b.)	Parcelas permanentes.....	47
3.6.1.2.	Importancia del monitoreo.....	48
4.	METODOLOGÍA.....	50
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	50
4.1.1.	Ubicación Política	50
4.1.2.	Ubicación Geográfica.....	51
4.1.3.	Características Ecológicas	51
4.1.3.1.	Zonas de Vida y Tipos de Vegetación	51
4.1.3.2.	Clima	51
4.1.3.3.	Suelos.	52
4.2.	METODOLOGÍA	53
4.2.1.	Metodología para el establecimiento de la plantación de <i>Tectona grandis</i> L.f.....	53

4.2.1.1.	Obtención de las Plántulas para la establecimiento de la plantación	53
4.2.1.2.	Preparación inicial del Terreno.....	54
4.2.1.3.	Plantación.....	55
4.2.2.	Metodología para establecer el ensayo de fertilización en los predios de la empresa Palmar del Río, en <i>Tectona grandis</i> L.f con N,P,K (20-5-22), NP (18-46-0) y muriato de potasio (K) con encalado y sin encalado.....	56
4.2.2.1.	Aplicación de Cal Dolomítica.....	56
4.2.2.2.	Aplicación y dosis de los fertilizantes	56
a.	(T ₀) Testigo	57
b.	(T ₁) N-P-K (compuesto)	58
c.	(T ₂) NP (18-46-0)	58
d.	(T ₃) Muriato de Potasio (K).....	58
4.2.2.3.	Recolección de Datos.....	58
4.2.2.4.	Diseño Estadístico	60
4.3.	ANÁLISIS DE DATOS	64
4.3.1.	Metodología para Difundir los resultados a los interesados para su aplicación.	64
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
5.1.	DIÁMETRO DEL TALLO	65
5.2.	ALTURA DE PLANTA	69
5.3.	LONGITUD DE LA RAÍZ.....	73
6.	CONCLUSIONES.....	76
7.	RECOMENDACIONES.....	77
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

	<i>Página</i>
Cuadro 1. Niveles de Fertilización.....	58
Cuadro 2. Hoja de Campo del proyecto de tesis	60
Cuadro 3. Tratamientos evaluados en la presente investigación	63
Cuadro 3.1 Combinaciones de tratamientos entre cal y fertilizantes de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i> L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.....	65
Cuadro 3.2 Cuadrados medios y significancia al 5%, para el diámetro de tallo de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i>. L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.....	66
Cuadro 3.3 Promedios del diámetro del tallo de todos los tratamientos de (<i>Tectona grandis</i>. L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.	66
Cuadro 3.4 Diámetro del tallo de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i>. L.f) con cal y sin cal. Huashito-Coca-Orellana, 2006.	67
Cuadro 3.5 Cuadrados medios y significancia al 5%, para la altura de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i>. L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.	70
Cuadro 3.6 Promedios de altura de todos los tratamientos de (<i>Tectona grandis</i>. L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.....	70
Cuadro 3.7 Altura de planta de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i>. L.f). Huashito- Coca-Orellana, 2006.	71
Cuadro 3.8 Longitud de raíz de la planta de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i>. L.f.) Huashito-Coca-Orellana, 2006.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Página</i>
Figura 1. Características morfológicas de la Teca	11
Figura 2. Composición elemental promedia de las plantas	18
Figura 3. Clasificación de los fertilizantes según (THOMPSON, L.M & TROEH, F.R.).....	28
Figura 4. Clasificación de los fertilizantes según su estado fisico	31
Figura 5. Ubicación del área de estudio	50
Figura 6. Obtención de plántulas	53
Figura 7. Preparación del terreno.....	54
Figura 8. Plantación.....	55
Figura 9. Aplicación de cal Dolomítica	56
Figura 10. Fertilización.....	57
Figura 11. Recolección de datos	60
Figura 12. Diseño como estaba distribuida la investigacion en el campo	61
Figura 13. Tratamiento con encalado y sin encalado	62
Figura 14. Diámetro del tallo de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i> . L.f). Huashito-Coca- Orellana, 2006.	68
Figura 15. Diámetro del tallo de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i> . LF). Huashito- Coca-Orellana, 2006.	69
Figura 16. Altura de planta de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i> . LF). Huashito-Coca-Orellana, 2006.	72



PDF Complete

Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Figura 17. Altura de planta de la especie Teca (<i>Tectona grandis</i>. LF).	
Huashito-Coca-Orellana, 2006.....	73
Figura 18. Longitud de la Raíz principal y secundaria de la especie Teca	
(<i>Tectona grandis</i>. LF). Huashito-Coca-Orellana, 2006.....	75

1. RESUMEN

El presente trabajo investigativo se realizó en la parroquia Huashito, Cantón coca, provincia Francisco de Orellana. Las Plántulas para el establecimiento de la plantación, se obtuvieron del vivero forestal de la Empresa Fideicomiso Palmar del Río, la delimitación del terreno se la hizo con la ayuda de cartas topografías y GPS, para la limpieza y construcción de drenes, se utilizó maquinaria, la vegetación existente se la eliminó con herbicidas sistémicos. Después se señalo dos bloques de 2.5 ha. Los mismos que se subdividieron en cinco repeticiones con dimensiones de 70.71 x 70.71 m, cada uno de estos estuvo subdividido en 9 subparcelas de 23.57 m x 23.57 m para cada tratamiento, se los separó con cinta de polietileno y postes de madera. Para el señalamiento de la plantación se utilizó balizas de pambil a una distancia de 3,5 m x 3,5 m de distanciamiento, una vez balizado el bloque, se procedió a realizar coronas químicas de 1,5 de radio alrededor de cada baliza, para eliminar la vegetación. Posteriormente se procedió a hacer los hoyos con dimensión de 30cm.x 30cm. 30; por último se procedió a plantar.

Para la fertilización se procedió a aplicar cal dolomítica a los tres meses en el momento de la fertilización, para ello se aplicó un kilogramo de carbonato de Magnesio (Cal dolomítica), luego se procedió a la aplicación de los fertilizante, para ambos ensayos se aplicaron dividiendo la dosis al tercer y sexto mes de plantadas las plantas.

Las Variables a considerar fueron; altura, diámetro y longitud de raíces. La medición a las plántulas se la realizó a los tres meses después de la fertilización y se la volvió a realizar durante dos periodos más de tres meses cada uno. Para la medición de raíces se sacrificó una planta de cada tratamiento, esto se lo realizó únicamente al noveno mes de plantadas las plántulas. Para este ensayo se utilizó un diseño en parcelas divididas en bloques al azar, con tres tratamientos y un testigo, con encalado y sin encalado y cinco repeticiones para cada tratamiento ensayado.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Los mayores incrementos en diámetro, altura y longitud de la raíz se obtuvieron aplicando 1 Kg de carbonato de magnesio por planta, además de 100 gr. de NP en cuanto se refiere al diámetro, para la altura aplicando 150 gr. de NPK y para la raíz 100 gr. NP. De acuerdo con los datos obtenidos en la investigación los crecimientos tanto en diámetro como altura, así como el estado silvicultural son excelentes y estadísticamente normales.

ABSTRACT

The present investigative work was carried out in the parish Huashito, canton Coca, Francisco de Orellana province. The small plants for the establishment of the plantation, was obtained of the nursery of the Company Fideicomiso Palmar del Rio, the delimitation of the land was made it with the help of topographies maps and GPS, for the cleaning and drainages construction was used machinery, the existent vegetation was eliminated with systemic herbicides. After was signed two blocks of 2.5 ha. The same ones that were subdivided in five repetitions with dimensions of 70.71 x 70.71 m, each one of these was subdivided in 9 subplots of 23.57 m x 23.57 m for each treatment; these were separated with polyethylene band and wooden posts. For the signaling of the plantation was used Pambil buoys at a distance of 3,5 m x 3,5 m, once buoyed the block, we proceeded to carry out chemical crowns of 1,5 of radio around each buoy, to eliminate the vegetation. Later were made holes with dimension of 30cm.x 30cm. 30; lastly we proceeded to plant.

For the fertilization we proceeded to apply lime dolomítica after three months of the fertilization, for it was applied it a kilogram of carbonate of Magnesium (Lime dolomítica), then we proceeded to the application of the fertilizer, for both test they were applied dividing the dose to the third and sixth months of having planted the plants.

The Variables to consider were; height, diameter and longitude of roots. The measurement to the small plants was carried out it to the three months after the fertilization and he/she carried out it during two periods more than three months each one again. For the measurement of roots, a plant of each treatment was sacrificed, this was only carried out to the ninth month of planted the small plants. For this test a design was used in parcels divided at random in blocks, with three treatments and a witness, with having whitewashed and without whitewashed and five repetitions for each tested treatment.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

The biggest increments in diameter, height and longitude of the root were obtained applying 1 Kg of carbonate of magnesium for plant, besides 100 gr. of NP as soon as to the diameter refer it, for the height applying 150 gr. of NPK and for the root 100 gr. NP. In accordance with the data obtained in the investigation the growths in diameter and height, and the forestry state was excellent and statistically normal.

2. INTRODUCCIÓN

A fines del siglo veinte, hubo aproximadamente 3.500 millones de hectáreas de bosques en el mundo, lo cual representa el 27 por ciento del uso de la tierra. De esta superficie total, 2.000 millones de hectáreas se encuentran en los países en vías de desarrollo, principalmente en regiones tropicales y subtropicales (FAO 1997).

En la actualidad la deforestación tropical se reconoce como uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta el mundo, con serias consecuencias económicas y sociales de largo plazo.

La extensión final de las plantaciones forestales en los trópicos la determinará su capacidad de competir con otros usos del suelo, satisfacer la creciente demanda por madera, superar la producción de fuentes alternas de la madera y proteger el ambiente para las generaciones futuras.

Los bosques del Ecuador se encuentran bajo una presión severa, cuyo índice aproximado es de alrededor del 2% de agotamiento anual. Las causas de la deforestación, deterioro de hábitat y degradación ambiental varían de una región a otra e incluyen factores políticos, desigualdades sociales, y presiones económicas.

En la región amazónica, la expansión de la industria petrolera en los años 70 resultó en la deforestación, la afluencia de inmigrantes de otras regiones, la degradación ambiental y cambios acelerados en la situación social de los indígenas.

El futuro de los bosques ecuatorianos depende, no solo de regular los planes de explotación de bosque natural, sino también del establecimiento de plantaciones las cuales reducirán la presión sobre el bosque primario. La participación significativa del sector privado en el cultivo de la teca es un fenómeno reciente, estimulado en los últimos diez años por la percepción relativamente nueva de que plantar teca es una empresa comercialmente rentable, así como por cambios en las políticas y en la legislación.

En Ecuador, el negocio de la teca se está configurando básicamente como una iniciativa del sector privado. Para alcanzar sus objetivos comerciales, las nuevas plantaciones se sujetan a rotaciones más cortas y se administran con altos insumos como preparación intensiva del terreno y mejor protección contra plagas y enfermedades, así como uso de material de siembra de buena calidad.

Un aumento en la productividad de las plantaciones forestales, como fin último por parte de silvicultores e investigadores, es lo que sustenta el desarrollo de estudios y ensayos tendiente al logro de este objetivo. Es así, como hoy en día, estos esfuerzos se centran en la búsqueda de nuevas tecnologías que desarrollen al máximo variables del cultivo, fundamentales en el ciclo de vida de la planta, como es el caso de la nutrición.

En los últimos años, la mayoría de las plantaciones en especial los de teca, se han establecido empleando una silvicultura intensiva. Es de esta forma, que en la preparación del sitio, se consideran los procesos de limpia, preparación del suelo y control de malezas, pues al igual que cualquier cultivo, la teca es susceptible a la competencia por luz, agua y nutrientes.

Cuando la fertilidad del suelo es una limitante se recurre a la fertilización. La disponibilidad de nutrientes permitirá un rápido desarrollo radicular, dando ventajas a las plantas que pueden manifestarse a lo largo de toda una rotación.

Hoy en día dentro de toda la gama de fertilizantes, es posible encontrar los nutrientes que las plantas necesitan para desarrollarse en sitios adversos a los requerimientos nutricionales que esta necesite. De esta manera, gracias a su naturaleza, se ha logrado hacer más eficiente el uso de fertilizantes, depositándolos directamente en la zona donde se encuentran las plantas.

Para la especie de *Tectona grandis* L.f en Ecuador no existe información sistematizada acerca de su respuesta en crecimiento a la aplicación de fertilizantes en su etapa de establecimiento, por lo que el conocimiento adquirido sobre esta técnica, en conjunto con otras practicas silvícolas ayudaran a desarrollar el

potencial de crecimiento de esta especie, y a su vez servirá como base para la realización de futuros estudios que persigan objetivos similares.

En este contexto, se plantea la necesidad de generar información acerca del crecimiento, rendimiento y resultados luego de realizar un plan de fertilización. Así, el objetivo general de este estudio fue “Evaluar el desarrollo inicial de *Tectona grandis* Lf. a nivel de plantación, como respuesta a los diferentes niveles de fertilización con N-P-K; N-P; y muriato de potasio con el fin de determinar los niveles óptimos de fertilizante, en los terrenos de la empresa fideicomiso Palmar del Río cantón Coca, provincia de Orellana”, teniendo por objetivos específicos los siguientes:

- Establecer una plantación de *Tectona grandis* L.f en predios de la Empresa Palmar del Río, a partir de individuos producidos sexualmente en vivero.
- Establecer un ensayo de fertilización, en *Tectona grandis* L.f con N-P-K, N-P y muriato de potasio, con encalado y sin encalado, a fin de determinar la dosis óptima y el fertilizante mas adecuado para un mejor rendimiento de la especie en terrenos de trópico húmedo.
- Difundir los resultados a los interesados para su aplicación.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. DESCRIPCIÓN DE ESPECIE (*Tectona grandis* L.f)

3.1.1. Nomenclatura

Reino	: Plantae
Subreino	: Embryobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Asteridae
Orden	: Lamiales
Familia	: Verbenaceae
Genero	: <i>Tectona</i>
Especie	: <i>grandis</i>

3.1.2. Nombres Comunes

La especie es conocida ampliamente como Teca en la mayoría de los países donde se ha introducido. En la India, se le conoce como sagun, sagon, saguan, skhu, toak, Indian oak. Como Teck (Francia, Inglaterra y Holanda); jati, deleg y kulidawa (Indonesia); kyun (Birmania); sak y mai-sak (Laos y Tailandia), teca de Rangún, rasawa. (FONSECA González Willan, 2004)

3.1.3. Distribución Natural

Tectona consta de 3 especies, con una distribución natural del género discontinua, muchos autores citan que la especie es originaria del sureste asiático (Birmania, ahora Myanmar, Tailandia y de la India, Malasia, Java, Indochina, La República Democrática Popular Laos), entre los 12 y 25° latitud norte y de 73 a 104° longitud este.

También se ha encontrado al sur del Ecuador en Java y en algunas pequeñas islas del Archipiélago Indonesio. Se menciona que la especie fue introducida en Java hace 400 o 600 años, donde se naturalizó.

En la zona de distribución natural, los bosques son de tipo monzónico, abarcando bosque seco tropical y bosque húmedo tropical. En la India se encuentra asociada con 76 especies, dentro de las que se citan: *Xylia dolabriformis*, *X. kerrii*, *Largeostremia caluculata*, *L. balasoe*, *Bombax insigne*, cinco especies de *Terminalia*, tres especies de *Stereospermum*, *Acacia*, *Cassia*, *Dipterocarpus*, *Cederia*, *Eugenia*, *Gmelina arborea*, *Vitex peduncularis*, *Dalbergia sp*, *Croton oblongifolius*, entre otras. (FONSECA González Willan, 2004)

3.1.4. Distribución Artificial

Por la calidad de la madera, *Tectona* ha sido introducida en una gran cantidad de lugares que tienen clima tropical, entre los 18 y 28° latitud norte. En el sureste de Asia, en Indonesia, Sri Lanka, Vietnam, Malasia, Islas Solaman, en algunos países africanos como Costa de Marfil, Nigeria y Togo.

En América Tropical fue introducida primero en Trinidad entre 1913 y 1916, con semillas procedentes de Tenasserim en Burma (Myanmar). Esta procedencia ha sido ampliamente distribuida, exportándose semilla de Trinidad a Belice, Republica Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y México.

La especie se introdujo en América Central, en Panamá en 1926 con semilla procedente de Sri Lanka, de esta procedencia se enviaron semillas a la mayoría de países de América Central y el Caribe. Otros países en donde se han establecido plantaciones son Brasil, Perú, Salvador, Honduras, Bolivia, Ecuador y Jamaica. (FONSECA González Willan, 2004)

3.1.5. Descripción Botánica

Tectona grandis L. f, es una especie latifoliada que pertenece a la familia Verbenaceae. Es un árbol grande, deciduo, que puede alcanzar más de 50 m de altura y 2 m de diámetro en su lugar de origen.

Es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 1,2 mm de espesor, de color café claro que desfolia en placas grandes y delgadas. Los árboles generalmente presentan dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, originando una copa más amplia con ramas numerosas.

Las hojas son simples, opuestas, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos. Inflorescencia en panículas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo. Flores de cáliz campanulado, color amarillo verdoso, de borde dentado, los pétalos se juntan formando un tubo corto, 5 o 6 estambres insertados debajo del tubo de la corola, anteras amarillas, ovadas y oblongas. Estilo blanco amarillento, más o menos pubescente con pelos ramificados, estigma blanco amarillento bífido, ovario ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas.

El fruto es subgloboso, más o menos tetrágono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnoso cuando fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5 mm. de largo.

La producción de semillas fértiles se presenta entre los 15 y los 20 años, sin embargo, en algunos casos se da una floración temprana entre 5 y 8 años.

Presenta una raíz pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, pero forma numerosa y fuerte raíces laterales. Las raíces son sensibles a la deficiencia de oxígeno, de ahí que se encuentran a poca profundidad (primeros 30 cm) creciendo en suelos bien drenados. En los primeros 30 cm de suelo se encuentra el 65 a 80% de la biomasa radical fina, mientras que la producción anual de biomasa radical fina es de 5420 kg/ha. (FONSECA González Willan, 2004)

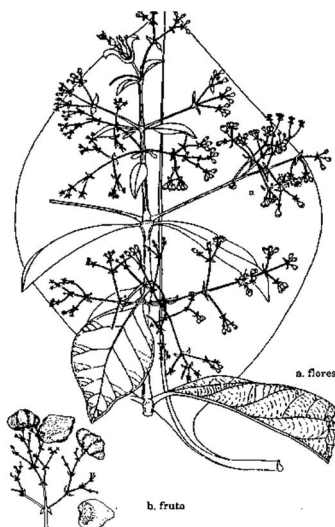


Figura 1. Características morfológicas de la Teca

3.1.6. Sitios Óptimos

Demuestra que los mayores crecimientos se dan en sitios con altitudes menores a 500 msnm, con una estación seca marcada de 4 a 6 meses, entre 23 y 27 °C de temperatura y una precipitación de 1300 y 2500 mm/año. Los mejores sitios son aquellos con una pendiente media (menor al 25 %), al pie de monte o en el fondo de valles, con suelos de textura liviana, bien drenados, fértiles, neutros, con una profundidad efectiva mayor a 80 cm, con alto contenido de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg).

Los sitios buenos deben tener entre 150 y 160 ppm de P total , al menos 15 ppm de Mn), hasta 2 ppm de zinc (Zn) y más de 10 cmol/l de Ca +Mg + K/100 gr de suelo, en los primeros 10 cm profundidad del suelo; una relación Ca/CIC pH 7 mayor al 50% entre 20 y 30 cm de profundidad y una relación Mg/CICE superior al 15-20% en los primeros 10 cm profundidad del suelo. Bajo estas características, los sitios buenos son aquellos que tienen un porcentaje de saturación de acidez menor a 5,8% y un porcentaje de saturación de calcio mayor a 67%. (FONSECA González Willan, 2004).

3.1.7. **Requerimientos Ambientales y Rango de Distribución**

Temperatura: En el área de distribución natural, en la India, crece en lugares con temperaturas entre 13° C y 40° C, con una media de 24° C. Sin embargo, para un óptimo desarrollo se considera una temperatura media de 25° C, con un rango 24-30°.

Precipitación: Se reporta un amplio rango de precipitación que va desde 1000 a 3750 mm/año, con una época seca bien definida de 3 a 5 meses, con extremos de 500 a 5000 mm/año.

Condiciones muy húmedas pueden conducir a mayor crecimiento y a la producción de madera de menor calidad, debido a un mayor porcentaje de albura, color menos atractivo, textura más pobre, pérdida de fuerza y menor densidad.

Suelos: Se adapta a gran variedad de suelos, pero prefiere suelos planos, aluviales, de texturas franco-arenosas o arcillosas, profundas, fértiles, bien drenados y con pH neutro o ácidos. Es exigente de elementos como calcio, fósforo y magnesio.

Las plantaciones de teca mejoran la calidad de los sitios, en Tailandia se ha determinado incrementos de materia orgánica en plantaciones de cuatro años, y al año 15 había aumentado el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y el magnesio (Mg).

Altitud: Tectona crece desde 0 a 1000 msnm. En Centro América se ha ensayado desde 16 m hasta 600 m, mientras en Costa Rica las plantaciones más grandes en altura se encuentran a pocos metros sobre el nivel del mar. (FONSECA González Willan, 2004).

3.1.8. Características y Propiedades de la Madera

La teca ha ganado gran reputación a nivel mundial debido a la alta calidad por su atractivo y durabilidad, a que posee gran resistencia al ataque de hongos e insectos y, por sus excelentes características, se considera como una de las más valiosas del mundo.

La albura es amarillenta blancuzca o pálida, el duramen es de color verde oliva, moreno o dorado, con vetas más oscuras, al cortarse se torna café oscuro. La madera es moderadamente dura, pesada, con mucha resistencia y presenta anillos de crecimiento.

La madera adulta tiene un aceite natural antiséptico que la hace muy resistente y la protege del ataque de insectos y hongos. Su grano es recto, algunas veces ondulado, de textura gruesa, accidentada o irregular y anillo poroso.

La teca es una madera fina, a pesar de que contiene sílice es fácil de trabajar, no presenta problemas de secado, posee buena durabilidad natural y estabilidad dimensional, su carácter no corrosivo se debe a que posee aceites naturales, estos aceites la hacen resistente a termitas y a hongos.

La Teca presenta buenas características de cepillado, moldurado, perforación, atornillado, clavado y lijado. Posee buenas condiciones de trabajabilidad y de fácil aplicación de acabados, fácil de encolar y recibe bien el barniz, pinturas, tintes, selladores.

La teca presenta una proporción de duramen de 55% a los 30 años, aumentando logarítmicamente conforme avanza edad y consecuentemente conforme aumenta el diámetro.

La densidad básica de la madera aumenta con la edad y a mayor densidad de la plantación. También aumenta el porcentaje de duramen, las propiedades mecánicas y la razón de contracción.

Existen controversias sobre la calidad de la madera según la altura y el grosor del árbol; algunos investigadores no han encontrado diferencias en las

características de la madera del duramen conforme aumenta la altura del árbol y hacia el exterior de la madera, mientras otros, determinaron diferencias marcadas en el peso específico de la médula hacia la corteza, lo cual puede traducirse en menor resistencia de la madera cerca de la médula. También se menciona que crecimientos muy acelerados al inicio pueden afectar negativamente la durabilidad.

También se ha originado discrepancias sobre la calidad de la madera de plantaciones y la de bosque natural. Se afirma que las propiedades de la madera de plantaciones son menores a las mostradas en bosque natural, posiblemente debido a que se cortan los árboles a menor edad. Su durabilidad natural se ve reducida, es de un color más apagado, más clara y más uniforme, menos aceitosa a la vista y menos agradable al tacto.

Contrariamente, estudios recientes demuestran que la disminución del ciclo de corta no afecta las propiedades físicas, encontrándose características similares en densidad y resistencia en árboles de 13 a 21 años y de 55 y 65 años. (FONSECA González Willan, 2004)

3.1.9. Fertilización de Mantenimiento

Se ha demostrado que la fertilización aumenta el diámetro y la altura de los árboles de teca y la respuesta se atribuye al mejoramiento de las condiciones nutricionales de la planta que se refleja en incrementos en la concentración foliar de nutrientes y al rápido cierre de la copa de los árboles lo que suprime el crecimiento de malezas, en particular gramíneas, con lo que se reduce la competencia por nutrientes (Prasad y Bhandari, 1986).

Investigación conducida en India (Prasad, Sah y Bhandari, 1986) demostró que la adición conjunta de N, P y K en plantaciones de 10 y 20 años de edad incrementó la altura, diámetro y volumen del árbol. Se probaron aplicaciones de dosis anuales de N (0, 150 y 300 kg/ha) y P (0, 75 y 150 kg/ha) con una base de 50 kg de K/ha, durante 5 años. Las dosis anuales de N se fraccionaron en dos

aplicaciones por año, mientras que el P y K se adicionó en una sola aplicación. Las mejores respuestas se encontraron con los siguientes tratamientos: 150-75-50, 150- 150-50 y 300-150-50 kg/ha de N, P y K, respectivamente.

Por esta razón, se recomienda realizar este tipo de trabajos por periodos prolongados de tiempo.

Otro estudio conducido en Panamá (Montero, 1995) evaluó la respuesta a la aplicación de dosis de 84.9, 169.8 y 254.7 g/árbol de la fórmula NPK 12-24- 12 y un testigo sin fertilización. La mejor respuesta se obtuvo con la dosis de 254.7 g/árbol al medir las variables altura, diámetro, sobrevivencia, incremento medio en altura e incremento corriente anual (Montero, 1995).

3.1.10. Uso en Sistemas Agroforestales

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*.

En la india las plantaciones de teca resultaron muy remunerativas al establecerlas con cacahuete y soya. La Cúrcuma (*Curcuma longa* L). 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 frutales como *Mangifera indica* (mango), *Carica papaya* (papaya) y *Psidium guajava* (guayaba).

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. (FONSECA González Willan, 2004)

3.1.11. Uso Recomendado de la Madera

La madera de teca por su solidez, resistencia, trabajabilidad y calidades estéticas, es la madera tropical más solicitada, es considerada una de las más valiosas y apetecidas del mundo para el mercado específico de aplicaciones suntuarias como mueblería, componentes decorativos, construcciones navales. Se le atribuyen además gran de variedad usos: en puentes, durmientes de ferrocarril, muebles internos y externos, carpintería en general, enchapado y contraenchapado, madera para parket, construcción de muelles o atracaderos, compuertas en agua dulce, pisos expuestos al tránsito de peatones, para postes de líneas de transmisión eléctrica y de cerca, instrumentos musicales, juguetes y es excelente para la fabricación de barriles para guardar productos químicos.

La madera inmadura en rollo extraída por medio de raleos de las plantaciones está siendo utilizada como postes y para madera laminada, puertas, pisos y otros productos.

El aserrín de madera de la teca es utilizado como un incienso en Java. Una pasta del polvo de madera ha sido usada contra los dolores de cabeza, tumores y dermatitis.

El mobiliario de teca es usualmente clásico y sencillo en diseño, pero la apariencia natural de la madera se presta para diseños que sutilmente se mezclan con el paisaje y la arquitectura circundantes, por esta razón, en los últimos 10 años, los diseñadores y arquitectos se han enterado más de la versatilidad y durabilidad del mobiliario externo, aumentando el rango de estilos (aerodinámicos y contemporáneos), compitiendo en el mercado. (FONSECA González Willan, 2004).

3.1.12. Otros Usos

Estudios preliminares en la India mostraron rendimientos buenos para pulpa y con fortaleza apropiada para producir papel para envolver y escribir. De la corteza se extrae entre 8,3% y 15,6% de ácido oxálico, una sustancia utilizada industrialmente, además, de la corteza y hojas se obtienen taninos y las hojas secas se procesan para obtener fibra para el ganado ovino.

La madera chamuscada remojada en jugo de la amapola se utiliza para hacer en una pasta que se usó para aliviar el tumor de párpados. El aceite de la madera ha sido utilizado como un tónico para el cabello. Las hojas se usan en Tailandia para envolver carne, para extraer tintes y hasta para fármacos.

También se puede extraer lignina y la vainillina. La vainillina se utiliza como saborizante en la industria alimenticia, en comidas y bebidas por la gran aceptación de su excelente sabor y aroma, principalmente en las industrias de helados, confiterías, reposterías.

En la industria farmacéutica, es un componente de gran consumo que se utiliza principalmente como agente saborizante o como precursor de drogas como la L-Dopa (que se utiliza como tratamiento para el mal de Parkinson), el Aldomet y la dopamina.

Las flores se usan para tratar bronquitis y desórdenes urinarios. Las flores y semillas son consideradas diuréticos eficaces contra la tuberculosis. Los extractos de hojas pueden ser microbacteriana. (FONSECA González Willan, 2004)

3.2. LOS NUTRIENTES, SUS FUNCIONES EN LAS PLANTAS Y SUS FUENTES

3.2.1. Los Nutrientes Necesarios Para el Crecimiento de las Plantas

Dieciséis elementos son esenciales para el crecimiento de una gran mayoría de plantas y éstos provienen del aire y del suelo circundante. En el suelo, el medio de transporte es la solución del suelo.

Los elementos siguientes son derivados:

- Del aire: carbono (C) como CO₂ (dióxido de carbono);
- Del agua: hidrógeno (H) y oxígeno (O) como H₂O (agua);
- Del suelo, el fertilizante y abono animal: nitrógeno (N)
- Las plantas leguminosas obtienen el nitrógeno del aire con la ayuda de bacterias que viven en los nódulos de las raíces

Otros elementos químicos son tomados en cuenta. Estos pueden ser nutrientes beneficiosos para algunas plantas, pero no esenciales para el crecimiento de todas.

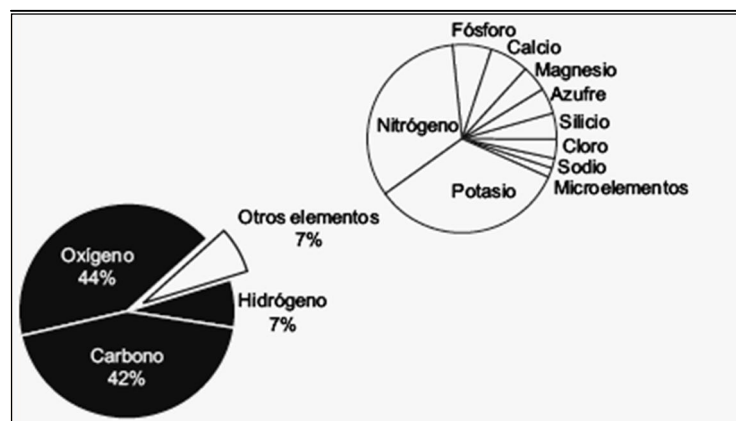


Figura 2. Composición elemental promedio de las plantas

Los fertilizantes, abonos o residuos de cultivos aplicados al suelo aumentan la oferta de nutrientes de las plantas. Las cantidades de nutrientes primarios necesarios para los cultivos. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso).

3.2.2. Las Funciones de los Nutrientes

Aparte del carbono (C), la planta coge todos los nutrientes de la solución del suelo. Estos se dividen en dos categorías (clasificación cuantitativa):

- Macronutrientes, divididos en nutrientes primarios y secundarios
- Micronutrientes o microelementos.

3.2.2.1. Los macronutrientes

Dentro de este grupo encontramos dos grupos como son los elementos primarios y los elementos secundarios:

Estos elementos se los necesita en grandes cantidades, para obtener buenas cosechas, y tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos.

Los *macronutrientes primarios*, se necesitan en grandes cantidades para el crecimiento de las plantas en forma normal, estos nutrientes son: *nitrógeno, fósforo y potasio*. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El Fósforo (P), que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad.

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El **K** mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con **K** sufren menos de enfermedades. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

Dentro Los **nutrientes secundarios** son *magnesio, azufre y calcio*. Las plantas también los absorben en cantidades considerables, por lo general se hallan en el suelo, pero cuando es deficiente se los debe de adicionar.

El Magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta. Un síntoma adicional de la deficiencia del Mg puede ser una prematura abscisión de la hoja (Taiz y Zeiger, 2002).

El Azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0,2 al 0,3 (0,05 a 0,5) por ciento del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada.

El Calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Los iones de calcio (Ca^{2+}) son

usados en la síntesis de nuevas paredes celulares, particularmente la lámina media que separa las células recientemente divididas. El Ca es también usado durante la división celular del huso mitótico. Es requerido para el normal funcionamiento de las membranas de las plantas y ha sido implicado como un segundo mensajero para varias respuestas de las plantas a ambas señales hormonales y medioambientales (Sanders et al., 1999). El Ca es un elemento esencial que limita muchas funciones claves de la planta, ambas cualitativa (señalización) y cuantitativa (estructural). Por sus propiedades únicas de unión química el Ca ganó una posición central en la evolución de procesos bioquímicos (McLaughlin y Wimmer, 1999). El Ca está involucrado en gran cantidad de cascadas como un constituyente que induce la unión de al menos 150 proteínas caracterizados como la familia calmodulin y numerosas otras enzimas. Fue además reconocido que incluso el solo elemento puede ser transmitido en ondas químicas por la planta para propósitos de señalización. Snedden y Fromm (2001) formuló que la mayoría de las respuestas de la planta al medioambiente (especialmente al estrés) están conectadas al Ca basadas en cadenas regulatorias.

Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.2.2. Los micronutrientes o microelementos

Se denominan micronutrientes u oligoelementos a aquellos elementos nutritivos que, siendo esenciales, son utilizados por las plantas en cantidades relativamente bajas. Son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B). Ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, siendo comparables con las vitaminas en la nutrición humana. El suministro en exceso de boro puede tener un efecto adverso en la cosecha subsiguiente. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

Algunos *micronutrientes benéficos* importantes para algunas plantas son el *Sodio (Na)*, por ejemplo para la remolacha azucarera, y el *Silicio (Si)*, por ejemplo

para las cereales, fortaleciendo su tallo para resistir el vuelco. El *Cobalto (Co)* es importante en el proceso de fijación de N de las leguminosas.

Algunos microelementos pueden ser tóxicos para las plantas a niveles algo más elevados que lo normal. En la mayoría de los casos esto ocurre cuando el pH es muy ácido. La toxicidad del aluminio y del manganeso es la más frecuente, en relación directa con suelos ácidos.

Es importante notar que todos los nutrientes, ya sean necesarios en pequeñas o grandes cantidades, cumplen una función específica en el crecimiento de la planta y en la producción alimentaria, y que un nutriente no puede ser sustituido por otro. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.3. La Reacción del Suelo y el Encalado

La reacción del suelo es otro factor importante para la productividad / fertilidad del suelo y el crecimiento de la planta. Unidades de pH indican la reacción del suelo. Un pH de siete significa que el suelo es químicamente neutral; valores más bajos significan que el suelo es ácido (con una excesiva concentración de iones hidrogenados (H^+) en el complejo de adsorción) y valores más elevados indican alcalinidad [una predominancia de calcio (Ca^{2+}) y /o de cationes de sodio (Na^+)].

El valor pH de suelos productivos normales oscila entre cuatro y ocho y tiene que ser considerado como una característica específica del suelo. Su óptimo es determinado por la etapa de desarrollo del suelo y debería no alterarse excesivamente.

En los trópicos húmedos, el pH del suelo tiende a ser más bien bajo, es decir ácido, a causa del efecto de la lixiviación de lluvias torrenciales. En los trópicos secos, la reacción del suelo puede ser más alta de siete, es decir alcalino, debido a la acumulación de elementos alcalinos tales como calcio y sodio.

Los suelos ácidos son llevados a una reacción menos ácida o neutral a través del encalado. Los requerimientos de cal de un suelo pueden ser estimados por los análisis de pH del suelo.

Para corregir la acidez del suelo la cal molida (CaCO_3) es uno de los materiales más efectivos y menos costosos. La cal dolomítica ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) también provee magnesio dónde se necesita. Otros materiales para corregir la acidez del suelo son la marga (CaCO_3), las cenizas de maderas y la harina de hueso ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$).

En suelos ácidos, se debe dar preferencia al uso de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos que contienen Ca^{2+} como cationes.

La enmienda cálcica tiene el efecto positivo de precipitar el aluminio libre, controlando de este modo la toxicidad del Al. Un efecto negativo puede ser que el encalado con un pH 7 puede causar deficiencia de micronutrientes (excepto el molibdeno/Mo) en suelos tropicales. Cuando sea posible, la enmienda cálcica y los fertilizantes (con macro- o micronutrientes) no deberían ser aplicados al mismo tiempo, sino a intervalos de tiempo.

En suelos con un elevado pH (suelos alcalinos), los fertilizantes formadores de acidez tales como el sulfato amónico, nitrosulfato amónico, nitrato amónico o urea deberían preferiblemente ser usados en este orden para corregir la alcalinidad. En suelos salinos / sódicos el yeso es una enmienda útil en la eliminación de sodio (Na). (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.4. Síntomas de Carencia de Fertilizantes en las Plantas

Si las plantas no logran absorber suficiente cantidad de un nutriente particular que necesitan, los síntomas de carencia se muestran en la apariencia general así como en el color de la planta. Los síntomas muy típicos son: las plantas deficientes de nutrientes tienen un crecimiento retrasado, las hojas

tienen un color verde pálido o un color verde oscuro azulado, amarillento o tienen puntos rojizos o franjas. En la cosecha, los rendimientos a veces se reducen severamente.

La identificación de la deficiencia de nutrientes (signos de carencia) es fácil en algunos casos, pero difícil en otros. La razón de ello es que los síntomas de deficiencia de dos nutrientes diferentes pueden ser casi idénticos o que la deficiencia de un nutriente está enmascarando los síntomas de otra deficiencia. Los signos de carencia pueden también aparecer o desaparecer con los cambios meteorológicos (cambio entre humedad y sequía). Se puede dar también el caso de plantas que sufren de una deficiencia latente, no aún visible (deficiencia escondida). Más aún, se debería tener cuidado de no confundir los signos de carencia con virus o síntomas de enfermedades de hongos o daños causados por los insectos/plagas.

Clorosis, es decir una decoloración amarillenta de las hojas, indica una formación afectada de clorofila; la clorosis es *reversible* mediante la aplicación del nutriente necesario.

Necrosis, es decir decoloración pardusca de las hojas o en partes de las hojas, que indican la muerte del tejido. Es *irreversible*, es decir no puede ser curada con la aplicación de nutrientes.

Los síntomas claros se darán sólo en casos de deficiencia extrema de un nutriente. Los signos de carencia de un nutriente deficiente que se han indicado deberían ser verificados por el análisis del suelo, de las plantas, de tejidos y / o experimentos de campo. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

Los signos de deficiencia general para algunos cultivos son especificados a continuación.

3.2.4.1. Deficiencia de nitrógeno

- Plantas de crecimiento retrasado (comunes a todas las deficiencias), plantas poco saludables y pequeñas.

- Pérdida del color verde (común a todas las deficiencias), decoloración amarillenta de las hojas a partir de la punta (clorosis en las puntas), viejas hojas parduscas.
- Las hojas más bajas pueden morir prematuramente mientras la cima de la planta permanece verde (algunas veces confundido con la falta de humedad). (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.4.2. Deficiencia de fósforo

- Crecimiento retrasado.
- Hojas verdes oscuras azuladas, moradas y parduscas a partir de la punta (a menudo también en los tallos).
- Plantas lentas a madurar, permaneciendo verdes.
- Los frutos pueden ser deformados, los granos pobremente rellenos. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.4.3. Deficiencia de potasio

- Crecimiento retrasado.
- Hojas que muestran decoloración a lo largo de los márgenes exteriores desde las extremidades a la base.
- Bordes exteriores de las hojas amarillentos o rojizos, llegando a ser parduscos o quemados y muertos (necrosis de los bordes); hojas marchitas.
- Encamado.
- Las hojas de los árboles son amarillentas, rojizas, dobladas o curvadas.
- Los frutos son pequeños, pueden tener lesiones o puntos dañados, pobre almacenamiento y mantenimiento de localidad. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.4.4. Deficiencia de magnesio.

- Decoloración amarillenta entre venas de hojas verdes (clorosis típica de franjas; el Mg es parte del pigmento de las plantas verdes, la clorofila,

necesario para la fotosíntesis), seguido finalmente por manchas y necrosis (muerte de los tejidos), comenzando en las viejas hojas bajas. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.4.5. Deficiencia de azufre

- Toda la planta es amarilla (a menudo es confundido con deficiencia de N).
- Hojas más altas amarillentas, aún las hojas más jóvenes.
- Madurez del cultivo retrasado. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.4.6. Deficiencia de calcio

- Hojas jóvenes de amarillentas a ennegrecidas y curvadas (manchas marrones).
- Las plantas parecen marchitas.
- Los frutos pueden estar podridos (tomate).
- Las raíces son mal formadas. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.4.7. Deficiencia de boro

- Hojas frecuentemente deformadas y arrugadas, gruesas y quebradizas, blancas, con manchas irregulares entre las venas.
- Las zonas de crecimiento de los brotes morirán, con crecimiento tupido cerca de las puntas, crecimiento en longitud inhibido con entrenudos acortados.
- Manchas necróticas o cavidades empapadas de agua en la remolacha azucarera y otros tubérculos y en la médula de los tallos.
- Frutos pequeños y pobremente formados, a menudo con nódulos acorchados y lesiones.
- Baja producción de semillas debida a una fertilización incompleta. (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.4.8. Deficiencia de zinc

- Crecimiento retrasado de las hojas.
- Árboles de frutas con típicos retoños cortos y tupidos.
- Franjas cloróticas (bandas blanqueadas) entre las venas de la hoja en la parte más baja de la misma.
- En algunos casos, las hojas tienen un color verde olivo o verde grisáceo (muy similar a la deficiencia de P). (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso)

3.2.4.9. Deficiencia de hierro

- Hojas jóvenes con clorosis típica entre las venas verdes, a lo largo de toda la longitud de las hojas (en suelos calcáreos normalmente). (FAO 2002, Los Fertilizantes y su Uso).

3.3. FERTILIZANTES

Cualquier sustancia que se añada al suelo para aportar uno o más nutrientes de las plantas con el fin de aumentar su crecimiento, se lo cataloga como un fertilizante. (COOKE, GW. 1975).

Los fertilizantes pueden clasificarse de diferentes maneras. Un criterio puede ser por su naturaleza, por su estado físico y por su formulación por su modo de aplicación, y por su calidad. A continuación se presenta un diagrama de la clasificación de los fertilizantes según este autor: (THOMPSON, L.M & TROEH, F.R.)



Figura 3. Clasificación de los fertilizantes según (THOMPSON, L.M & TROEH, F.R.)

3.3.1. Fertilizantes Orgánicos

Son materiales que provienen de restos de plantas o animales vivos o muertos. Generalmente, estos abonos tienen poco valor como fuentes de elementos nutritivos minerales, por su bajo contenido de ellos, pero son de gran valor para aumentar el contenido de materia orgánica de los suelos, mejorando las condiciones físicas (mejor granulación, mayor retención de agua y circulación de aire), mejorando además, la capacidad de retención de elementos nutrientes disueltos en la solución del suelo. (VALENCIA E. 2006). Se subdividen en varios grupos:

3.3.1.1. Los estiércoles

Se da el nombre de estiércol al conjunto de desechos (excremento, orina, residuos de comida) que se obtienen de la cría de animales, especialmente del ganado vacuno, porcino y aves. La riqueza en nutrientes de los estiércoles depende del tipo de animal de donde se obtenga y de su estado de descomposición. El estiércol fresco es más rico en nitrógeno. Cuando está descompuesto, su riqueza en fósforo aumenta. (VALENCIA E. 2006).

3.3.1.2. Cachaza de ingenios azucareros

La cachaza resulta de la desecación de los jugos de caña en la fábrica, por lo que contienen niveles de fósforo, potasio, calcio y bagacillo que es materia orgánica. Se emplea como abono orgánico y como fuente principal de potasio. La cachaza fresca contiene azúcares y por tanto el grado de fermentación es muy activo, por lo que debe de aplicarse después que estos procesos hayan terminado. (VALENCIA E. 2006)

3.3.1.3. El compost o composta

Es el abono orgánico que se obtiene mezclando estiércol y materia vegetal, formando capas y sometiéndolo a un proceso de fermentación. El agricultor hace el compost depositando en capas alternas materia vegetal y estiércol. Para activar el proceso y enriquecer el contenido del compost, se añade nitrato de amonio, superfosfato y cal.

El compost estará listo para su utilización cuando termine el proceso de fermentación, dando excelentes resultados cuando se emplea como abono orgánico. (VALENCIA E. 2006).

3.3.1.4. Leguminosas como abonos verdes y/o fijadoras de nitrógeno

Se conoce como abono verde toda la planta que se cultiva con el objeto de incorporarla al terreno, aumentándose con esto el contenido de materia orgánica. La práctica más generalizada y más eficiente consiste en sembrar una planta leguminosa que a la vez de aportar materia orgánica al suelo, sirve de fuente para tomar nitrógeno del aire e incorporarlo al terreno. (VALENCIA E. 2006)

Las plantas más empleadas son aquellas que en poco tiempo desarrollan y proporcionan bastante masa verde (follaje) como: *el frijol canavalia, frijol terciopelo, chicharo de vaca, crotalaria, etc.* (VALENCIA E. 2006)

3.3.2. Fertilizantes Inorgánicos

Son todas sustancias que pueden ser minerales naturales extraídos de la tierra, como el nitrato (de Chile) o bien elaborados por el hombre (fertilizantes "sintéticos" o "artificiales"). (COOKE, GW. 1975).

Las plantas no distinguen entre procedencia natural o sintética, y ambos se descomponen antes de ser absorbidos. Generalmente los de este tipo son de acción rápida y estimulan el crecimiento y vigor de las plantas cuando se aplican sobre la superficie. (VALENCIA E. 2006).

3.3.2.1. Por Su Estado Físico

Podemos clasificar los fertilizantes según el estado físico en el que se presentan en el mercado. Así, tenemos abonos sólidos, líquidos y gaseosos.

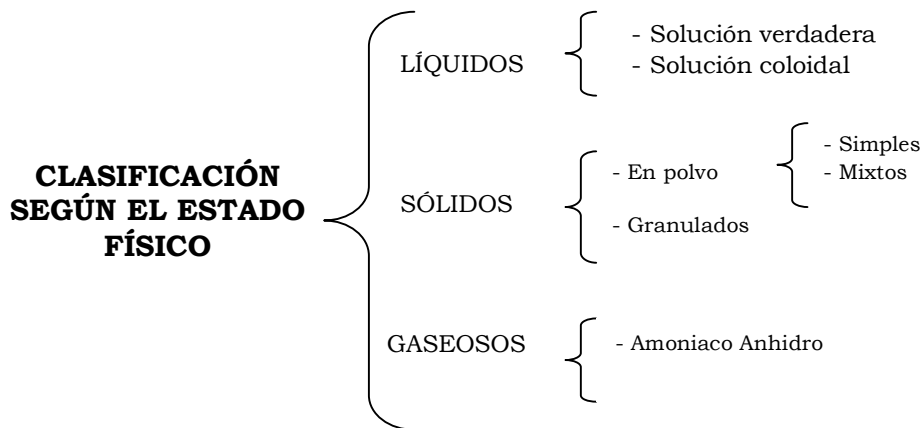


Figura 4. Clasificación de los fertilizantes según su estado físico

a.) Los abonos sólidos

Presentan distintas formulaciones. Algunos tienen sólo un compuesto, otros dos, tres o incluso más. Están especialmente diseñados para su aplicación en profundidad o superficie en el suelo. Suelen ser granulados más o menos finos, y sus métodos de aplicación varían desde la incorporación al suelo con maquinaria (en profundidad), o a mano (sobre la superficie). A veces, estos granulados se venden como abonos solubles para que el agricultor los disuelva para el abonado de fertirrigación. (LORENTE, Juan, 2001)

b.) Los abonos líquidos

Son disoluciones relativamente estables de iones nutricionales. Se pueden distinguir dos tipos según la disolución sea verdadera o coloidal. Existen infinidad de formulaciones, pero las más frecuentes son las compuestas por los dos o tres *macroelementos* N-P o N-P-K. A menudo se adicionan *microelementos*. Su uso suele estar destinado a las aplicaciones foliares y a la fertirrigación. (LORENTE, Juan, 2001)

c.) Los abonos gaseosos

Suelen tener su forma más característica en las botellas de dióxido de carbono. En un recinto cerrado, tal como un invernadero, puede modificarse la concentración en el aire de CO₂, pues se puede considerar el invernadero como un recinto cerrado con atmósfera controlada. Si se tienen los

aparatos de medición y dosificación adecuados, el incremento de la concentración de *dióxido* de carbono se traduce en un aumento de la producción. A este aumento de la concentración de dióxido de carbono en un invernadero se le *denomina abonado orgánico carbónico* y se suministra normalmente en bombonas de gas CO₂. (LORENTE, Juan, 2001)

3.3.2.2. Por su formulación

Los abonos pueden clasificarse en función de los elementos nutritivos que contengan. Se distinguen dos grandes grupos: los simples y los compuestos. Los simples o monovalentes poseen un solo elemento fertilizante. Los compuestos, dos, tres o más. Los compuestos, cuando tienen dos elementos, reciben el nombre de binarios, cuando tienen tres, ternarios. En función del tipo de fabricación, los compuestos pueden ser de mezcla (meseta física) o complejos (Combinación química). Además, los abonos compuestos pueden contener otros elementos: nutrientes secundarios y/o microelementos. (LORENTE, Juan, 2001)

Muchos de los fertilizantes que contienen un solo nutriente, y algunos de los que llevan dos, consisten en solo producto químico. En estos casos, el compuesto se indica en el envase. (LORENTE, Juan, 2001)

a.) Abonos simples

Los abonos simples, monovalentes o monocompuestos, contienen un solo elemento fertilizante. Éste es el caso del nitrato de amonio (NO₃⁻ y NH₄⁺) y del cloruro de potasa (K⁺ y Cl⁻). El nitrato amónico suele tener una riqueza del 33,5% de N total. El cloruro de potasa suele tener una riqueza del 50% en K₂O. Nótese que el nitrato amónico y el cloruro de potasa llevan otros elementos que no corresponden propiamente a las unidades fertilizantes en sí. Nos referimos al oxígeno, al hidrógeno y al cloro. Estos elementos representan los porcentajes de ganga del abono. (LORENTE, Juan, 2001)

b.) Abonos compuestos

Se denominan abonos compuestos los que contienen por lo menos dos de los tres elementos fertilizantes principales N-P-K. Dentro de este grupo, el más numeroso en toneladas fabricadas en el mundo consecuentemente, también el de mayor consumo y utilización actual, distinguimos dos subgrupos: los fertilizantes de mezcla y los complejos o de combinación química. Cada uno de los dos subgrupos puede dividirse en binarios y ternarios. Toda esta notación se basa solamente en los tres macronutrientes, pero a menudo muchos abonos compuestos llevan, además, elementos secundarios y micronutrientes. Veamos seguidamente todos ellos. (LORENTE, Juan, 2001)

Los fertilizantes compuestos de mezcla. Son los que contienen dos o tres elementos y que han sido obtenidos mediante mezcla mecánica íntima de productos simples, añadiéndoles agua en caso de granulación. Se presentan en el mercado en forma de granulado más o menos fino, y sus formulaciones van desde las binarias (combinaciones de riquezas P-K) hasta las ternarias (combinaciones de riquezas de (N-P-K). (LORENTE, Juan, 2001)

Abonos compuestos de mezcla por su tipo de fabricación. Son los abonos tipo bulk-blending (o mezcla a granel), cuya especial característica es la de estar constituidos por una simple mezcla mecánica de abonos granulados simples o binarios que poseen la misma densidad, y con un tamaño de gránulos parecido. En las mezclas suelen utilizarse los abonos simples lo más concentrados posibles, para así conseguir el máximo poder fertilizante en el menor espacio posible. Los abonos más usuales para estas mezclas son el nitrato amónico, fosfato amónico, superfosfato concentrado, etc. (LORENTE, Juan, 2001)

Los abonos compuestos de mezcla binarios se reducen a distintas formulaciones de P-K. La mayoría son mezclas de fosfatos naturales, escorias y cloruro o sulfato de potasa. La potasa que procede de sulfato y no de cloruro es más cara y más apreciada, principalmente porque el cloruro puede producir fitotoxicidad en las plantas si su concentración en el suelo es demasiado elevada. La notación de los abonos cuya potasa proviene de sulfato es por ejemplo 0-12-20S.

El empleo y comercialización de los abonos binarios está en auge. Algunas de sus formulaciones más usuales comercialmente son: 0-18-18, 0-19-19, 0-24-11, 0-12-12, 0-13-13, 0-13-7, 0-12-18, 0-12-20S, etc. Algunos compuestos binarios están enriquecidos con microelementos como el fósforo, el cinc, etc. (LORENTE, Juan, 2001)

Los abonos compuestos de mezcla ternarios, a diferencia de los binarios, son cada vez más raros y escasos.

Puesto que son mezclas físico-mecánicas, algunos componentes suelen ser más pesados y de distinta densidad que otros. Por este motivo, el agricultor deberá tener mucho cuidado en su manejo y aplicación, en especial si piensa utilizar abonadoras mecánicas, puesto que las diferencias de peso y densidad de los componentes mezclados impide que queden repartidos de forma homogénea. Esto significa que unas partes del cultivo recibirán mayor concentración de uno de los componentes fertilizantes y menor de otro, mientras que en otra* zonas del cultivo, ocurrirá al revés. (LORENTE, Juan, 2001)

c.) Compuestos complejos

Los abonos compuestos complejos, o abonos de combinación química, son los obtenidos por reacción química entre las materias primas empleadas y los productos intermedios que se forman en la masa. La primera transformación química que se realizó para la obtención de un abono fue la solubilización del fosfato tricálcico contenido en los fosfatos naturales por la acción del ácido sulfúrico para la fabricación de superfosfato. Son mayoritariamente nitratos amónico y potásico, fosfatos amónico y potásico, fosfatos mono y bicálcicos, sulfatos amónico, potásico y calcico, cloruros amónico y potásico, etc. (www.infoagro.com/abonos/abonos_y_fertilizantes.)

Los abonos compuestos complejos binarios son compuestos de N-K y N-P. Como ejemplo del binario N-K, cabe resaltar el nitrato de potasa (13-0-44). Ejemplos de N-P de gran importancia: el fosfato monoamónico ($\text{P}_0\text{H}_2\text{NH}_4$), cuyas formulaciones comerciales más usuales son 11-48-0 y 10-51-0, y el fosfato

diamónico ($\text{P}_04\text{H}(\text{NH}_4)_2$), de formulaciones 18-46-0 y 18-50-0. (www.infoagro.com/abonos/abonos_y_fertilizantes.)

Los abonos compuestos complejos ternarios son compuestos de N-P-K derivados de síntesis químicas. En los últimos años, estos abonos ternarios han adquirido una gran preponderancia y sus distintas formulaciones son múltiples. (www.infoagro.com/abonos/abonos_y_fertilizantes.)

Muchos de estos abonos ternarios contienen microelementos, y los microelementos son caros puesto que su proceso de fabricación es costoso. No se pueden equiparar los precios de dos ternarios que no sean iguales (por ejemplo uno que tenga microelementos y otro que no). Otro factor que encarece el abono es si la potasa proviene de sulfato o de cloruro. A igual formulación (o proporción de N-P-K), el abono cuya potasa precie de sulfato siempre será más caro.

3.3.3. Corrección y enmiendas de los suelos

Hablamos de corrección de suelos cuando pretendemos transformar las características físicas y/o químicas de un determinado suelo. Estas enmiendas implican la incorporación de varias toneladas por hectárea de algún material, que modifica las propiedades del suelo. Suelen ser operaciones de elevado costo, de manera que sólo son posibles para aquellos cultivos de gran rentabilidad. Las correcciones químicas son aquéllas destinadas a modificar el pH de un suelo, con la finalidad de que los elementos nutrientes del mismo se encuentren más disponibles para las plantas. Hablaremos entonces de corrección de suelos alcalinos y corrección de suelos ácidos. Puede ser también necesario modificar las propiedades físicas de los suelos (textura, porosidad, densidad, etc.). Hablamos entonces de corrección de suelos muy sueltos o muy pesados. (LORENTE, Juan, 2001)

3.3.3.1. Corrección de suelos ácidos

La mayor parte de los suelos que dan en climas lo bastante húmedos para obtener grandes cosechas sin irrigación, tienen reacción ácida. La causa de la acidez reside en el lavado de bases por el agua de percolación. El resultado es un descenso de fertilidad y un medio poco adecuado para el crecimiento de la mayoría de las plantas. La elevación del pH, hasta una reacción próxima a la neutralidad, puede ser muy rentable a pesar de los costos implicados. Esta operación suele llamarse encalado. Si se practica en un sistema de cultivo bien organizado, el encalado da lugar a una mejora a largo plazo de la fertilidad. Pero el encalado es una operación delicada, porque las cosechas inmediatamente posteriores al encalado suelen ser abundantes, ya que al aumentar el pH, hemos favorecido la adsorción y posterior absorción de las bases intercambiables por la planta. Esta disponibilidad de las bases va empobreciendo el suelo si no se practican regularmente las aportaciones de materia orgánica y fertilizantes para mantener el nivel de fertilidad del suelo. (LORENTE, Juan, 2001)

Lógicamente, el material usado deberá poseer un suave efecto alcalinizante. Para evitar cambios drásticos que pudieran ejercer efectos nocivos en las plantas, el proceso de encalado debe ser suave. En el caso de tener que aumentar el pH, pongamos por caso, de 5 a 7, es mejor hacer dos o tres encalados a lo largo de un período medio de tiempo que pretender subir el pH de una sola vez. Los cationes añadidos deberán ser principalmente Ca^{++} con algo de Mg^{++} , pero el Na^* debería ser nulo o muy escaso, puesto que ya conocemos la capacidad salinizadora del Ion de sodio. (LORENTE, Juan, 2001)

El carbonato cálcico (CaCO_3) es el producto que se utiliza más frecuentemente para encalar. Este material se utiliza como roca caliza molida y constituye una buena fuente de cal, abundante y barata. Por un lado, suministramos los cationes deseables como el calcio y, por otro, los aniones del carbonato no producen efectos fitotóxicos. Además, tiene un efecto alcalinizante suave, pero efectivo. Otros materiales que podemos utilizar para encalar un suelo son Na_2CO_3 (carbonato sódico), CaCl_2 (cloruro cálcico), y por último $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (yeso). Estos materiales presentan diversos problemas, como por ejemplo su elevado

precio, sus efectos fitotóxicos no deseados, o por el hecho de ser materiales que, aun conteniendo calcio, son sales neutras y carecen de efecto alcalinizante. (LORENTE, Juan, 2001)

La determinación del porcentaje del CaCO_3 es imprescindible para calcular los Kg necesarios para el tipo de encalado que necesitamos. Cuanto mayor sea el porcentaje de carbonato cálcico y más finamente molturado sea el material, menor cantidad de producto necesitaremos para realizar el mismo trabajo. (LORENTE, Juan, 2001)

Existen dos métodos para determinar la cantidad de cal necesaria para elevar el pH del suelo: El método de pH saturación de bases y el método de la solución tampón. Los dos métodos deben hacerlos un técnico especializado con la ayuda de un laboratorio especializado igualmente.

3.3.3.2. Corrección de suelos alcalinos

A veces, para cultivar determinadas plantas, es deseable acidificar el suelo. Esto sucede con frecuencia en jardinería ya que algunas flores viven en suelos ácidos.

Las aplicaciones de azufre elemental (S) o de compuestos del mismo, constituyen el procedimiento corriente para bajar el pH del suelo. El azufre debe administrarse con la suficiente antelación para que tenga tiempo de oxidarse a ácido sulfúrico. El azufre agrícola tiene la ventaja de ser muy barato y la desventaja de que sus efectos son a medio y a largo plazo, si se dispusiera de ácido sulfúrico como subproducto industrial (ácido sulfúrico de la fundición metalúrgica del cobre), tendríamos una alternativa muy económica y de igual validez que el azufre agrícola a la vez que su eficacia es más rápida.

Los fertilizantes nitrogenados que contienen amoníaco, con el tiempo reducen el pH de manera considerable. La urea acidifica los suelos neutros, o ácidos, pero no tiene efecto cuando abundan los carbonatas libres que impiden su hidrólisis.

Los problemas químicos de los suelos alcalinos se originan por la reducida disponibilidad de fósforo, de potasio y de la mayoría de los micronutrientes. Las deficiencias de hierro son especialmente frecuentes en suelos alcalinos y originan la clorosis férrica de muchas plantas. Por otra parte, en casos extremos de suelos alcalinos o básicos, la cantidad de sales disueltas en la fase líquida del suelo es tal que las plantas tienen dificultades para absorber el agua; la presión osmótica en la solución del suelo puede superar la de las células vegetales normales.

La recuperación de suelos salinos a menudo se realiza lavando las sales con abundante agua de riego. Si el agua de riego es extremadamente salina, los riegos deben ser todavía más cuantiosos y frecuentes para arrastrar al máximo las sales. Evidentemente, los lavados intensos de sales pasan por la creación de un buen sistema de drenaje. (LORENTE, Juan, 2001)

3.3.3.3. Corrección de suelos muy ligeros o sueltos

Normalmente, los suelos muy ligeros o sueltos tienen una carencia de estructura. Ya sabemos que la estructura la originan los agregados, y que éstos se forman gracias a la materia orgánica. Los suelos muy ligeros o sueltos suelen tener una textura predominantemente arenosa, juntamente con un bajo nivel de materia orgánica.

Eso origina suelos muy ligeros, cuyos principales problemas son la falta de retención de agua y de nutrientes. A menudo estos suelos presentan una gran porosidad o aireación que les faculta para el cultivo de cualquier planta, con la condición de que las aportaciones de agua sean constantes y las de nutrientes periódicas. Las características de estos suelos serían parcialmente aptas como sustratos destinados al cultivo hidropónico de invernadero pero, a menudo, en el exterior, estos suelos presentan problemas indisolubles para el agricultor. Es posible corregir parcialmente estos suelos haciendo aportaciones periódicas de materia orgánica. En general, una aportación de estiércol bien fermentado antes de cada cultivo irá disminuyendo su ligereza. Si las dosis habituales de estercolado rondan las 30 Tm/Ha, deberían casi duplicarse para ir mejorando lentamente el

suelo. También es posible, aunque tremendamente más costoso, importar cierta cantidad de arcilla con el fin de obtener una granulometría más franca y menos arenosa. O quizá la solución debería pasar por un remedio intermedio de materia orgánica y arcillas que por un lado aumentara la estructura del suelo y por otro, aumentara su fertilidad. (LORENTE, Juan, 2001)

3.3.3.4. Corrección de suelos, muy pesados

Los suelos muy pesados se consideran los antagónicos de los suelos ligeros. Su textura arcillosa les confiere una gran compacidad y una tendencia a la retención excesiva de agua. Estas dos características en un suelo lo predisponen a ser la causa de problemas frecuentes de asfixia radicular. Además, en suelos muy pesados la infiltración de agua es difícil y costosa, lo que se traduce en una dificultad para hacer penetrar el abono nutricional. Los suelos muy compactos a menudo tienen problemas de aireación, con lo cual puede disminuir la actividad microbiana aerobia y tener sólo lugar la anaerobia, lo que se traduce en una desaceleración de la descomposición de la materia orgánica. Aunque parezca un contrasentido, la solución para la enmienda de los suelos pesados es la misma que para los suelos ligeros: aumentar su contenido en materia orgánica. La materia orgánica en un suelo arcilloso actúa como si fuera una esponja: crea espacio poroso que puede ser ocupado por el aire y por el agua, con lo que la compacidad desaparece.

En general, una aportación de estiércol bien fermentado antes de cada cultivo irá disminuyendo su compacidad. Si las dosis habituales de estercolado rondan las 30 Tm/ha, debería casi duplicarse para ir mejorando lentamente la estructura del suelo. También es posible, aunque tremendamente más costoso, importar cierta cantidad de arena con él fin de obtener una granulometría más franca y menos arcillosa. O quizá la solución debería pasar por un remedio intermedio de materia orgánica y arena (preferiblemente arena silícea de río) cuya mezcla hiciera aumentar su porosidad (aireación). (LORENTE, Juan, 2001)

3.4. FERTILIZACIÓN FORESTAL

Los árboles como todas las plantas necesitan de un conjunto de nutrientes, parte esencial de los cuales esta constituida por una serie de elementos químicos que al no estar presentes en el suelo impiden su crecimiento normal. (MUÑOZ M. 1975)

Cuando se realiza la cosecha de un rodal, se extrae cantidades significativas de nutrientes del sitio. Esta extracción en largo plazo, puede reducir significativamente la productividad del suelo. Además, con la práctica común de recolectar los restos vegetales del piso de las plantaciones se aumenta drásticamente esta perdida. Puesto que las hojas son ricas en elementos nutritivos, son sumamente importantes en el reciclaje de nutrientes. Por lo tanto, hay que reconocer que una plantación en si no necesariamente mejora el suelo, pues puede bajar significativamente el estado nutricional de un sitio si no recibe un manejo adecuado. (GALLOWAY, G. 1986)

Para alcanzar un nivel satisfactorio de crecimiento y proporcionar una mejor producción de madera, se ha recurrido a la fertilización, que fue experimentada por primera vez en el año de 1847 en Francia por Chevalier de Valdrone. En la actualidad han sido comprobadas plenamente las posibilidades de aumentar el rendimiento y crecimiento de los bosques mediante esta practica. Un tratamiento de fertilización aplicado apropiadamente en etapas tempranas, retribuye su inversión, debido a la mejor sobrevivencia de la especie. (MUÑOZ M. 1975)

El abonado en silvicultura no es una práctica de cultivo anual, como es para las plantas cultivadas clásicas. En primer lugar es una fertilización de iniciación de la plantación, se prolonga a veces, durante varios años, sobre todo en lo que se refiere a la fertilización nitrogenada, con el fin de conseguir el rápido desarrollo de la plantación forestal. Después, una vez formada la plantación, toma el carácter de fertilización “de acabado”, realizándose a intervalos de tiempo mas o menos dilatados, con el fin de aumentar el volumen de madera producido, limitando la duración del periodo de inversión en fertilizantes. (GROS, A. 1981.)

Según Mustanoja y Leaf citado por Loaiza la fertilización forestal puede definirse como un cambio de calidad en el rodal por cambio del medio ambiente físico con mejoras adicionales. Así el uso de fertilizantes se justifica para aprovechar el potencial genético de árboles de rápido crecimiento, que pueden prosperar bien en suelos de gran fertilidad o en suelos mejorados por medio de fertilizantes.

En Australia y Nueva Zelandia se han usado fertilizantes, principalmente al momento de plantar para corregir síntomas de deficiencia en plantaciones establecida. Esto ha posibilitado transformar bosques económicamente improductivos en bosques de producción, con los beneficios consiguientes en el manejo de tierras y en la economía de ambos países.

Las plantaciones jóvenes, durante los primeros años solo ocupan el terreno de manera escasa. Se ven sometidas a una competencia muy fuerte por parte de la vegetación espontánea (hierbas, matorrales, arbustos), hasta que consiguen predominar sobre ellas y la plantación esta ya más densa o “cerrada”. Una fertilización sobre la totalidad de la superficie favorecería a la vegetación adventicia a expensas de los jóvenes arbolillos, por lo cual interesa localizar el fertilizante en los hoyos de plantación, o en líneas o bandas o ambos lados de las filas de árboles, con el fin de ayudarles a ocupar lo antes posible el terreno.

Los primeros ensayos de fertilización forestal reportados fueron iniciados en Francia en 1847, donde se encontró que las cenizas de madera, sales de amoníaco aumentaron el crecimiento de los árboles entre 17 y 26 %. El gran ímpetu de fertilización forestal ocurrió en Nueva Zelandia Australia durante las primeras décadas del siglo XX cuando se determinó que la introducción y plantación exitosa de *Pinus radiata* dependía de la fertilización con fosfatos y algunos micronutrientes. En Alemania hubo un interés precoz sobre fertilizantes de larga remanencia; en un ensayo se aplicaron 160 metros cúbicos de roca diabásica molida por hectárea antes de la plantación de pino y 23 años después, las parcelas fertilizadas produjeron cuatro a cinco veces más volumen de madera que los testigos.

El uso de fertilizantes adecuados ha sido factor importante en establecer plantaciones forestales en partes de Brasil, Sur África Occidental y Oriental, Chile, Australia y Nueva Zelanda, entre otros. En muchos casos, los ensayos de fertilización han mostrado claramente que la fertilización ha permitido la plantación exitosa de plantaciones forestales donde ellas fracasaron anteriormente. En todo el mundo se han fertilizado un total de 15 millones de hectáreas, lo cual representa menos del 1% del tonelaje de fertilizantes usados en la agricultura.

3.5. LA REFORESTACIÓN EN EL ECUADOR

3.5.1. Antecedentes

El Ecuador tiene un buen porcentaje de bosques, con una cubierta forestal que se extiende por más del 42% de su superficie emergida. El país puede dividirse esencialmente en tres regiones ecológicas: una llanura fértil costera, apta para la agricultura, en el occidente de los Andes; los valles altos que se extienden a través del centro montañoso del país; y las llanuras forestales en el este.

La mayor parte de los bosques se hallan en la región oriental y amazónica y comprenden principalmente pluviselvas tropicales húmedas de tierras bajas donde habitan millares de especies. Entre las especies arbóreas con valor comercial se cuentan la balsa (*Ochroma lagopus*), cedro (*Cedrela fissilis*) y la *Virola* spp., mientras que las llanuras aluviales albergan una gran concentración de especies de palmas.

Los bosques montanos se hallan en ambos lados de los Andes, y en la llanura costera encontramos áreas de pluviselva tropical (especialmente de *Protium* spp. y *Dacryodes* spp.) en la provincia de Esmeraldas, y bosques xerofíticos en el sur. Cerca del 17% del territorio del Ecuador está protegido y conforma una red de más de 20 parques y reservas nacionales, siendo uno de los más importantes las Islas de Galápagos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 2002), en 1970, estimó que los recursos forestales totales eran de 16'637.000 ha. Para 1980, los recursos forestales fueron de 14'342.000 ha. Para 1990, los recursos forestales, estaban en las 11'962.000 ha.

En el Ecuador, el área de plantaciones forestales alcanza aproximadamente las 143 mil hectáreas. Las plantaciones están conformadas en su totalidad por especies exóticas; así el 50% de las plantaciones son de eucalipto, el 40% de pino y un 10% de otras especies. La especie *Eucalyptus globulus* representa el 95% de las plantaciones de eucalipto, y la especie *Pinus radiata* significa un 90% de las plantaciones de pino (PIERRE A, 2002)

Es probable que si se mejora la tasa de aprovechamiento de la madera en la industria forestal, y si se mantiene constante la productividad de madera por hectárea en el bosque nativo, sobre la base de criterios e indicadores de manejo forestal sustentable, entonces, la tasa de deforestación mostrara un decremento.

3.5.2. Plantaciones Forestales

Las plantaciones no son otra cosa que la siembra de árboles forestales con fines de repoblar áreas donde no exista vegetación alguna, estas plantaciones tienen varios fines; producción de madera, conservación de suelos, preservación del recurso agua a fin de mejorar su calidad y cantidad, producción de forraje y producción de materia prima para ciertas necesidades. (ESPEJO, 1989).

3.5.2.1. Plantaciones agrosilvopastoriles

Consisten En el establecimiento de árboles y/o arbustos d especies nativas, exóticas o naturalizadas, en asociación con cultivos agrícolas, pastos y animales. Sus objetivos son: obtención de madera, leña frutos, forraje, etc.; protección de los cultivos de los efectos del clima, mejoramiento del suelo y réditos económicos. (YAGUACHI Robert 2000).

3.5.2.2. Plantaciones forestales o Puras

Son las que se establecen con intervención de las personas que tienen fines económicos expresos.

Este tipo de plantaciones se caracterizan por el objetivo industrial. Se plantan grandes superficies; se utilizan especies de rápido crecimiento. Generalmente se seleccionan especies exóticas, se establecen en áreas desprovistas de vegetación leñosa, como en otras que aun la mantienen. Se busca obtener una cosecha en el menor tiempo, con óptima calidad y, en lo posible, al menor costo. (YAGUACHI Robert 2000).

3.5.3. Desarrollo de las plantaciones en el Ecuador

El Ecuador es un país que representa con fidelidad el perfil forestal del tercer mundo, caracterizado por bosques tropicales y andinos que se encuentran en deterioro. Uno de las razones es el uso de grandes extensiones de tierra para la agricultura y ganadería. En la década de los ochenta, se consideraba una transformación económicamente barata, pero en realidad era ambientalmente cara. (YAGUACHI Robert 2000).

Las tierras de aptitud forestal en el país se definen según la clasificación de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros (DINAC) como aquella ubicada en la clase agrológica 3 a 5. Es decir, que no tiene uso agrícola ni pecuario.

La ley forestal contempla lo siguiente:

- Define cuales son las tierra forestales
- Garantiza por parte del estado el derecho de propiedad privada sobre tierras forestales y bosques de dominio privado.
- Determina que las tierras de aptitud forestal de dominio privado que carezcan de bosques, serán reforestadas obligatoriamente.

- Manda que el estado proporcione asistencia técnica y crediticia para el establecimiento y manejo de plantaciones. Por parte de asociaciones, cooperativas, comunas y otras entidades de agricultores directos.
- Señala que el INEFAN (ahora ministerio del ambiente) deberá elaborar un catastro de las tierras forestales de dominio privado que carezcan de bosques, para notificar a sus propietarios la obligación de reforestarlas.

Los estudios realizados demuestran que el 45 % de los, suelos del Ecuador son de aptitud forestal, los cuales deberán ser tratados en forma y en términos de desarrollo silvoagropecuario.

Se puede decir que en el Ecuador la reforestación es efectuada principalmente por instituciones gubernamentales, por no gubernamentales y privadas. La reforestación axila entre 5000 a 8000 Ha/año.

Las principales especies utilizadas en las plantaciones son: en la sierra eucalipto y pino; mientras que en las zona tropicales se utilizan especies como Laurel, melina y últimamente teca.

Todas las plantaciones que se establecen ya sea por instituciones u organismos gubernamentales, son registradas al momento de su establecimiento: mas estos registros no cuantifican la supervivencia ni, mucho menos el cumplimiento de objetivos de las plantaciones. Por ello es de vital importancia realizar el seguimiento y evaluación de las plantaciones, mediante muestreos confiables.

En cuanto se refiere a los incentivos, se los se encuentra determinado en la ley forestal y de conservación de Áreas Naturales y vida silvestre y en su reglamento, en las cuales dicen “Las tierras forestales cubiertas de bosques o vegetación protectores naturales o cultivados, las plantadas con especies madereras y las que se dedicaren a la formación de cualquier clase de bosques que cumplan con las normas establecidas en esta Ley, gozarán de exoneración del pago del

impuesto a la propiedad rural. (Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales Y Vida Silvestre).

Igualmente gozaran de exoneración “La importación de maquinarias y equipos de carácter y uso exclusivamente forestal, así como de herramientas, implementos, repuestos, productos químicos, semillas y demás elementos destinados a la investigación y cultivo forestal, plantaciones forestales y control de incendios forestales, que no se produzcan en el país, gozará de exoneración de todos los impuestos arancelarios y adicionales, sin perjuicio del cumplimiento de los compromisos internacionales”. (Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales Y Vida Silvestre).

Dentro de los problemas de las plantaciones, tenemos como principal agente son los incendios, las enfermedades producidas por agentes patógenos. Otros factores que limitan el buen desarrollo son los factores climáticos y edáficos. (YAGUACHI Robert 2000).

3.6. MONITOREO DE LAS PLANTACIONES

3.6.1. Monitoreo

El monitoreo es la verificación de las plantas para verificar su estado fitosanitario, que haya regeneración de la especie, y el incremento tanto en diámetro como en altura. Normalmente, se lo hace con parcelas de monitoreo.

3.6.1.1. Parcelas de monitoreo

Las parcelas de monitoreo son la herramienta más eficaz y eficiente para conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales. Además que, proporcionan información

valiosa para establecer estrategias de manejo, para desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y área basal, entre otros.

Muchos de los principios y metodologías de establecimiento de parcelas de crecimiento, se aplican tanto a plantaciones como a bosques naturales, aunque lógicamente entre éstos hay diferencias en el tamaño, los tratamientos que se aplican y las variables a medir, debido especialmente, a la complejidad por el número de especies y al manejo silvicultural.

Entre los aspectos más importantes a considerar en el establecimiento de parcelas están: los costos y el tiempo requerido, lo cual depende, entre otros, del tipo de parcela, tamaño de parcelas, número de parcelas, variables a medir y el número de mediciones. Básicamente existen dos tipos de parcelas, las temporales y las permanentes. (BRENES Guiselle 2002).

a.) Parcelas temporales

Las parcelas temporales se miden normalmente una sola vez, aunque si se reubican podrían tener mediciones adicionales de manera que una parcela temporal puede eventualmente convertirse en una parcela permanente. (BRENES Guiselle 2002).

b.) Parcelas permanentes

Son aquellas que se establecen con el fin de que se mantenga indefinidamente en el bosque o plantación y cuya adecuada demarcación permita la ubicación exacta de sus límites y puntos de referencia a través del tiempo, así como de cada uno de los individuos que la conforman, los cuales se analizan por medio de observaciones periódicas que permiten obtener el mayor volumen de información de un sitio y comunidades determinadas (BRENES Guiselle 2002)

Aunque, los dos tipos de parcelas tienen ciertos fines diferentes, unas pueden complementar a las otras, de manera que, tanto en bosques naturales como en plantaciones se pueden establecer ambos tipos de parcelas.

3.6.1.2. Importancia del monitoreo

Para realizar monitoreo y evaluación de las plantaciones forestales es necesario tener conocimiento lo que establece la ley forestal, la cual clasifica a los bosques en:

1. Bosques estatales de producción permanente;
2. Bosques privados de producción permanente;
3. Bosques protectores; y,
4. Bosques y áreas especiales o experimentales.

Una de las debilidades identificadas en el sector forestal ecuatoriano, es la de no disponer de información confiable que posibilite el conocimiento de la producción forestal y el manejo sustentable. Según algunos estudios, el incremento de la masa forestal en los trópicos varía entre 0,5 y 2 metros cúbicos por año. En Ecuador la tasa media del crecimiento de la masa forestal del bosque natural se ha fijado en un metro cúbico por hectárea/año; sin embargo, a mediados de los noventa se utiliza la tasa de crecimiento promedio de 1,13 metros cúbicos por hectárea/año. (PIERRE A, 2002)

Si se considera la estimación de cobertura para una superficie de bosque productor que excluye bosques protectores, áreas protegidas, bosques de cordillera y manglares, se tiene que la superficie sería de 5,7 millones de hectáreas que a la tasa de 1,13 m³ por ha/año generarían una producción anual de 6,44 millones de m³/año. (PIERRE A, 2002)

En lo que respecta a las plantaciones forestales, especialmente las de pino y eucalipto tendrían un crecimiento de hasta 15 m³/ha/año, aunque los incrementos



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

medios de las demás especies giran alrededor de los 10 metros cúbicos por hectárea/año. Considerando las respectivas áreas, se tiene que la producción anual sería de 2,22 millones de metros cúbicos por ha/año. (PIERRE A, 2002)

4. METODOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1. Ubicación Política

El proyecto fue ejecutado en los terrenos de la Empresa Fideicomiso Palmar del Río, Parroquia Huashito, Cantón Coca, provincia Francisco de Orellana.

La Empresa está ubicada en el sector Huashito y cuenta con 10.000 has de superficie. Es una gran planicie delimitada al Norte por estribaciones montañosas bajas, al este por las cuencas del Río Coca (afuente del Río Napo) y la cuenca del Río Huashito Grande (afuente del Río Payamino) al Oeste por la cuenca del Río Punino (afuente del Río Payamino) y al Sur por la cuenca del Río Payamino. El Río Huashito grande nace en tierras de Palmar del Río.

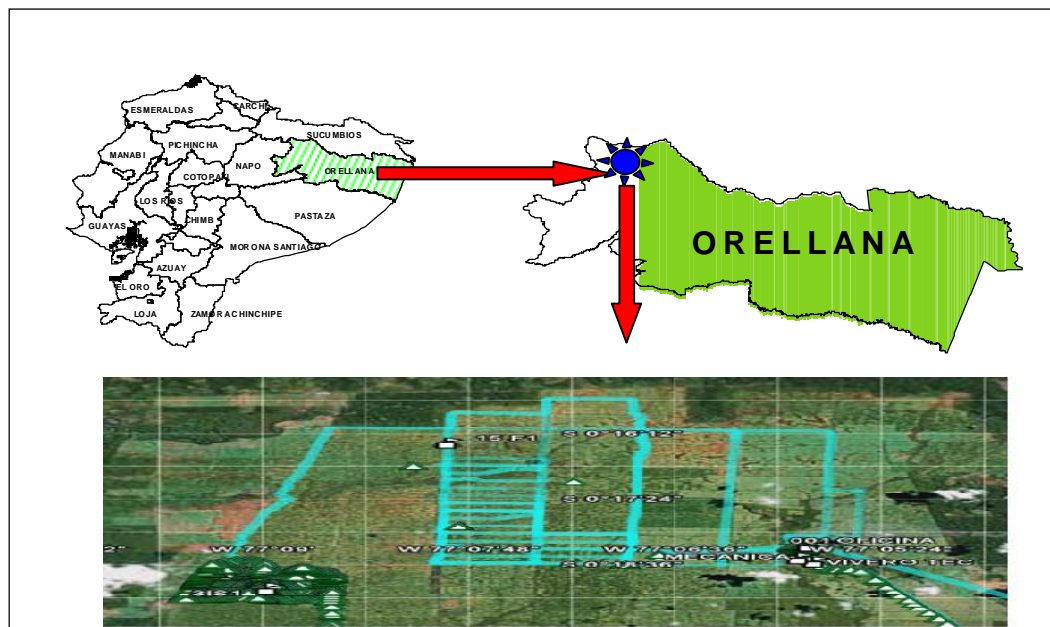


Figura 5. Ubicación del área de estudio

4.1.2. Ubicación Geográfica

Los ensayos se realizaron en las siguientes coordenadas geográficas:

Longitud: 0926927 Oeste
Latitud : 9989512 Norte

4.1.3. Características Ecológicas

4.1.3.1. Zonas de Vida y Tipos de Vegetación

De acuerdo a Holdridge, el área de estudio forma parte del Bosque Húmedo Tropical (BhT), el cual se caracteriza por presentar una precipitación de 2000 a 4000 mm y una temperatura promedio anual que oscila entre 24°C y 26°C (Cañadas, 1983).

4.1.3.2. Clima

En lo que respecta a luminosidad, el promedio esta en orden de las 1422 horas de sol año, con un máximo de 1627 horas presentadas en el año 2000 y un mínimo de 1282 horas presentado en el año 1991 (Estación Meteorológica de la Empresa).

Los mayores niveles de precipitación se presentaron en el año de 1999 con 4649 mm, un mínimo de 3021 mm presentado en año 1988 y un promedio de 3678 mm en los últimos catorce años. El promedio de días lluvia es de 184. (Estación Metereológica de la Empresa).

Las máximas temperaturas detectadas han sido de 36 °C a la sombra en los meses de Abril, Mayo y junio y unas mínimas de 16,4 °C detectadas en el mes de Julio. Las temperaturas promedio están el orden de los 26,0 °C. (Estación Metereológica de la Empresa).

La estación meteorológica de la plantación es de segundo orden, no existiendo equipos que permitan medir vientos, dirección e intensidad. En lo pertinente a la humedad relativa la medición de este factor se inicia en el mes de Julio del año 2000. La información disponible permite determinar que los niveles de humedad a las 07: 00 horas en promedio es de 95.8%. A las 12: 00 horas la humedad relativa es del 59,9 %. A las 18: 00 horas la humedad se incrementa a un 80,6 % en promedio.

4.1.3.3. Suelos.

Con la excepción de la pequeña zona de colinas centrales, los suelos se derivan todos de cenizas volcánicas, que se las puede observar además en algunas floraciones en el fondo de los ríos pequeños. (Folletos Palmar del Río)

Son andosoles caracterizados por la presencia de silicato de aluminio amorfa en complejo con materia orgánica humificada, que se estabiliza y de esa manera puede acumularse. Esta composición se transforma en una micro estructura aligerada, muy porosa y permeable, con una enorme capacidad de absorción de agua y por el “tacto” muy pegajoso que caracteriza a esta clase de suelo.

El perfil tipo es café oscuro de la superficie, café claro en profundidad, excepcionalmente rico en materia orgánica. La textura tiene predominancia arcillo-limosa, con variaciones que van de areno-limoso a arcilloso. En la franja cercana al Río Coca, en alrededor de 3 Km.; se observa frecuentemente la presencia de horizontes intercalados en el perfil limoso. Estos horizontes contienen cuarzo, cuyo origen es aluvial. En profundidad a los 100 cm. Se puede encontrar huellas de hidromorfia con algunas escasas concreciones negras de apariencia manganífera o si no, mas raro aun, un horizonte pesado, vetado de hidromorfia típica. En todos los casos, este horizonte físicamente menos favorable va cubierto en por lo menos 50 cm. De limo café oscuro perfectamente sano y rico.

El suelo de las colinas visitadas derivada de arcillas antiguas. Se trata de de un suelo rojo ferralítico clásico, bastante rico y profundo, que no puede compararse con los excelentes suelos volcánicos.

4.2. METODOLOGÍA

4.2.1. Metodología para el establecimiento de la plantación de *Tectona grandis* L.f.

4.2.1.1. Obtención de las Plántulas para la establecimiento de la plantación

Las Plántulas para el establecimiento de la plantación, se obtuvieron del vivero forestal de la Empresa Fideicomiso Palmar del Río que se encuentra ubicado a 3 Km (Fig. 6). De la misma, las cuales son reproducidas en vivero con semilla certificada proveniente de Costa Rica, y repicadas en gavetas. Las plántulas para ir al campo tenían tres meses de edad, tallos lignificados y por lo menos dos pares de hojas verdaderas, se tomó en cuenta aspectos físicos como rectitud y homogeneidad en altura y diámetro; biológicos, que este libres de plagas, enfermedades y no presenten defectos genéticos como bifurcaciones o torceduras.

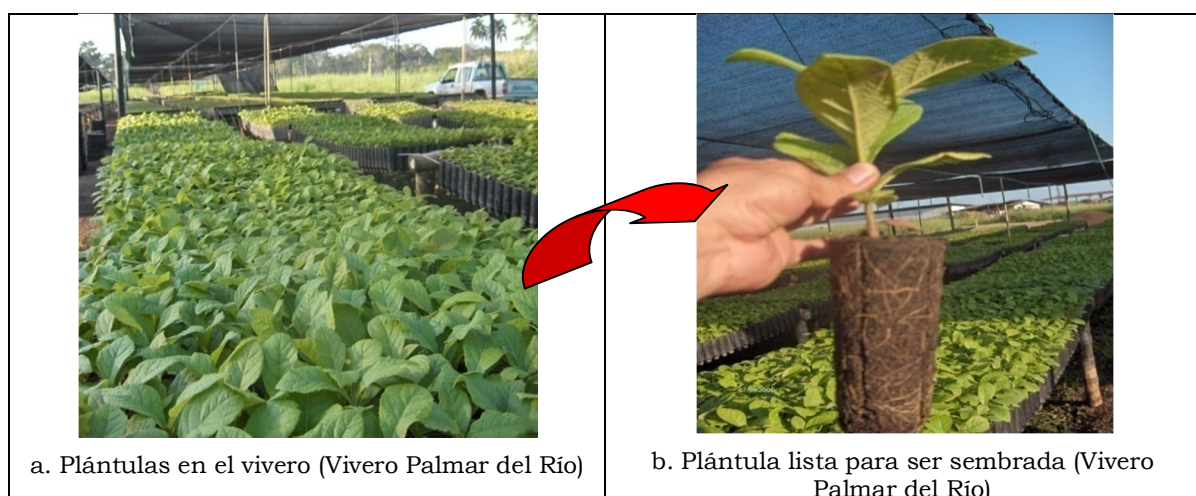


Figura 6. Obtención de plántulas

4.2.1.2. Preparación inicial del Terreno

Primero se delimitó el terreno con la ayuda de cartas topografías y GPS, posterior a esto se realizó una limpieza mecanizada de palería utilizando un tractor TD15, luego se realizó la construcción y habilitación de drenes primarios y secundarios con la ayuda de retroexcavadoras para evitar inundaciones del ensayo (Fig. 7a).

Luego se eliminó la vegetación existente mediante la utilización de herbicidas sistémicos (Arrasador) aplicado en una concentración de dos kilogramos en 600 litros de agua. A esta solución se le aplicó 200 gramos de sulfato de amonio para neutralizar el pH la misma, aplicado con motobombas fijadas en tractores agrícolas.

Después se delimitó dos ensayos de estudio con cinco repeticiones con dimensiones de 70.71 x 70.71 m, cada uno de estos estuvo subdividido en 9 subparcelas de 23.57 m x 23.57 m para cada tratamiento, los mismos que estaban ubicados al azar y se los separó con cinta de polietileno y postes de madera de 1,50 m. de altura.

Una vez preparada el área se procedió al señalamiento con balizas de pambil de 1 m de longitud x 3 cm. De diámetro a una distancia de 3,5 m x 3,5 m de distanciamiento (Fig. 7b). Al final se obtuvo una plantación en cuadrado con 816 plantas/ha.



Figura 7. Preparación del terreno

4.2.1.3. Plantación

Una vez balizado el bloque, se procedió a realizar coronas químicas de 1,5 de radio alrededor de cada baliza, con el fin de eliminar la vegetación que nuevamente se regenero en el sitio donde iba la planta para evitar posibles competencias iniciales, el producto aplicado fue arrasador en la misma dosis indicada anteriormente.

Posteriormente se procedió a hacer los hoyos en el sitio ya señalado los cuales tenían una dimensión de 30 cm. X 30 cm. X 30 cm.

Por último se procedió a plantar, donde se tomó en cuenta que la planta quede totalmente en el centro del hoyo, vertical y que no quede enterrada mas allá de los 2 cm. de la base del cuello ni viceversa (Fig. 8).

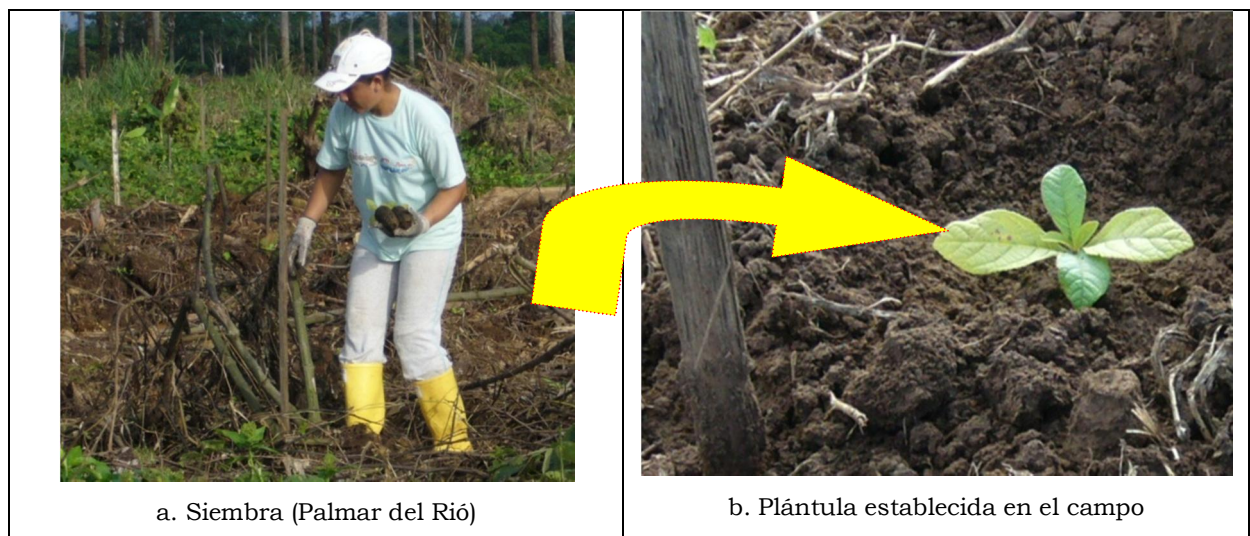


Figura 8. Plantación

4.2.2. Metodología para establecer el ensayo de fertilización en los predios de la empresa Palmar del Río, en *Tectona grandis* L.f con N,P,K (20-5-22), NP (18-46-0) y muriato de potasio (K) con encalado y sin encalado.

4.2.2.1. Aplicación de Cal Dolomítica

Considerando que estos suelos son altamente ácidos se aplicó cal dolomítica con el fin de reducir los niveles de acides, esta actividad se la realizó a los tres meses, en el momento de la fertilización, para ello se aplicó un kilogramo de carbonato de Magnesio (Cal dolomítica) por planta, la cual se la esparció en un radio de 30 cm. (Fig. 9a). Procurando hacer un círculo alrededor de la misma con el fin de que se disperse en lo máximo la cal, luego se cubrió con una fina capa de tierra para evitar que esta sea evacuada por el viento y agua (Fig. 9b).



Figura 9. Aplicación de cal Dolomítica

4.2.2.2. Aplicación y dosis de los fertilizantes

Como es de conocimiento general que los suelos de la amazonia son deficientes en macro y micro nutrientes, por excesivas

precipitaciones las cuales lixivian los nutrientes y los vuelven pobres. Por lo cual se creyó conveniente realizar la fertilización siguiendo algunos aspectos.

Para la aplicación de los fertilizantes en este ensayo se considero las investigaciones realizadas en Colombia y Costa Rica, sobre plantaciones de esta especie hace más de 20 años.

Para nuestra investigación tomamos en cuenta los análisis de suelo previamente realizados por la empresa, y posteriormente se contrastó con los requerimientos de nutrientes que la especie que necesita para desarrollarse bien, luego se tomó la decisión del tipo de fertilizantes y las cantidades a añadir al suelo (*Cuadro 1*).

Por último la fertilización para ambos ensayos se aplicó dividiendo la dosis al tercer y sexto mes de sembradas las plantas, a una profundidad de 2 cm. Con en fin de que no exista lixiviación del fertilizante por acción del agua, así mismo para evitar la evaporación de los fertilizantes se los cubrió con una fina capa de tierra. Para ambos ensayos se utilizó los siguientes fertilizantes y dosis, las mismas que estuvieron distribuidas en un ensayo de 5000 m² con 9 sub. Parcelas de 555.5 m² , con cinco repeticiones cada uno (*Fig. 10*).

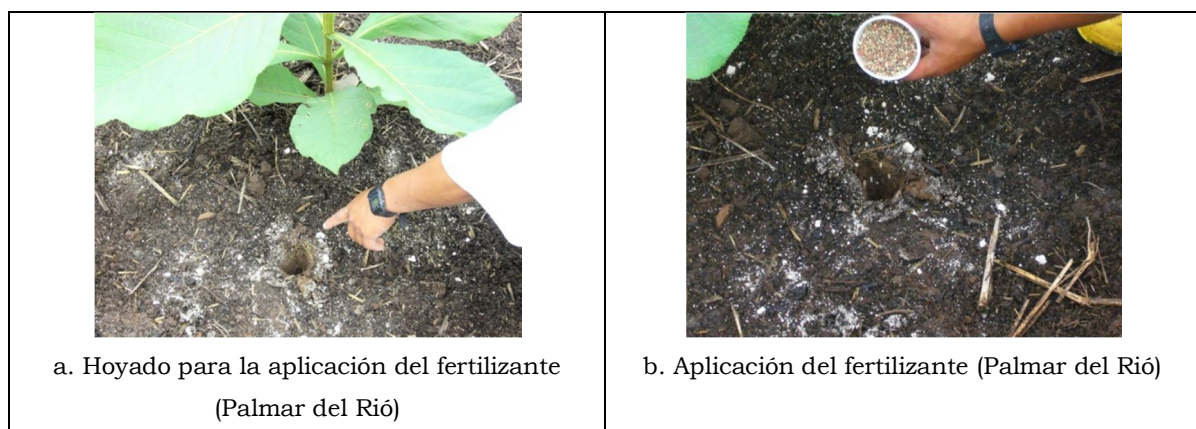


Figura 10. Fertilización

a. (To) Testigo

Aquí no utilizamos ningún tipo de fertilizantes ya que este nos servirá para contrastar con los otros tratamientos.

b. (T₁) N-P-K (compuesto)

Se colocó el fertilizante en dos dosis diferentes (75 gr.; 150 gr.) alrededor de la planta en un radio de 20 cm. Al tercer y 60 cm. Sexto mes.

c. (T₂) NP (18-46-0)

Se colocó el fertilizante en tres dosis diferentes (50gr; 75gr; 100 gr) alrededor de la plantada en un radio de 20 cm al tercer y 60 cm al sexto mes.

d. (T₃) Muriato de Potasio (K)

Se colocó el fertilizante en tres dosis diferentes (25 gr.; 50 gr.; 75 gr.) alrededor de la planta en un radio de 20 cm. Al tercer y 60 cm. Al sexto mes.

NIVELES DE FERTILIZACIÓN

Cuadro 1. Niveles de Fertilización

DOSIS	NIVELES		
	NPK	NP	K
ALTO	300 gr.	200 gr	150 gr
MEDIO		150 gr	100 gr
BAJO	150 gr	100 gr	50 gr







4.2.2.3. Recolección de Datos

Las Variables a considerar fueron; altura, diámetro y longitud de raíces, se enumeró todas las plantas colocándoles cintas señalizadas de polietileno para cada tratamiento (Fig. 11).

Para medir el diámetro se lo realizó midiendo el tallo a 2 cm de la superficie del suelo, para esto se colocó una base de madera de 2 cm de alto que sirvió para hacer la medición del diámetro todas las veces en el mismo punto. Se utilizó un calibrador con aproximación de 1/10 mm. La medición a las plántulas se la realizó

a los tres meses después de la fertilización y se la volvió hacer durante tres periodos de tres meses después de la primera fertilización.

Para medir la altura total de las plantas, se lo realizó desde el nivel del suelo hasta el ápice, con la ayuda de una regla telescópica. La medición a las plántulas se la realizó a los tres meses después de la fertilización y se la volvió hacer durante tres periodos de tres meses después de la primera fertilización.

 <p>a. Medición del diámetro basal a los tres meses de edad (Palmar del Rió)</p>	 <p>b. Medición de la altura a los tres meses de edad (Palmar del Rió)</p>
 <p>c. Medición del diámetro basal a los seis meses de edad (Palmar del Rió)</p>	 <p>d. Medición de la altura a los seis meses de edad (Palmar del Rió)</p>
 <p>e. Medición de la altura a los 9 meses de edad (Palmar del Rió)</p>	 <p>f. Medición de la altura a los nueve meses de edad (Palmar del Rió)</p>

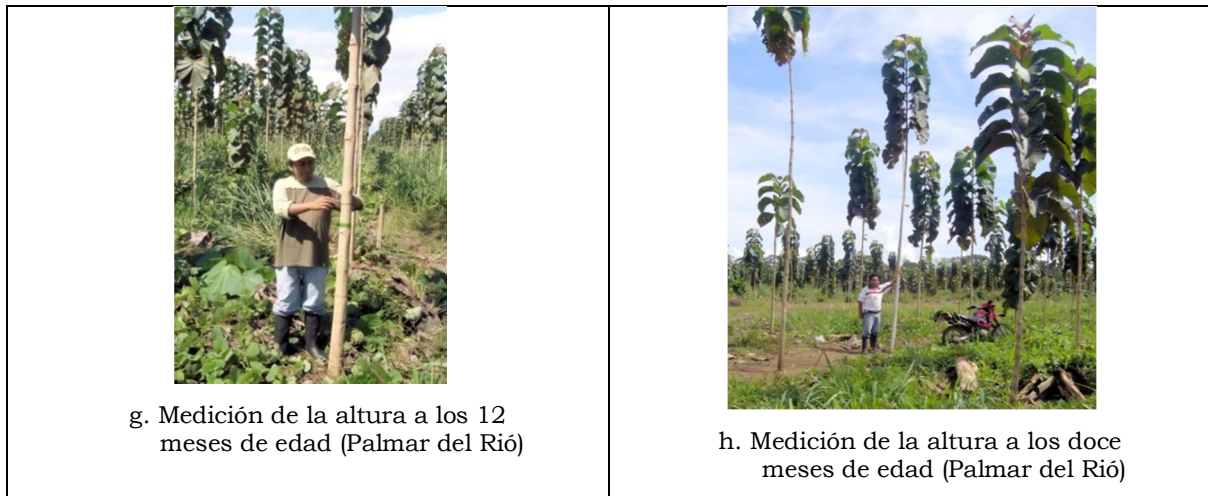


Figura 11. Recolección de datos

Por último para la medición de raíces se sacrificó una planta de cada tratamiento aquí se midió la longitud de la raíz principal, secundarias y terciarias las mas vigorosas para ello se fue buscando las raíces en el suelo con una palilla agrícola muy cuidadosamente desde donde empieza hasta donde termina con el fin de no dañar la misma.

Para llevar registro de las evaluaciones se lo realizó a través de una hoja de campo que se muestra en el *Cuadro 2*.

Cuadro 2. Hoja de Campo del proyecto de tesis

HOJA DE CAMPO PARA EVALUACIÓN DE PARCELAS DE CRECIMIENTO EN PLANTACIÓN DE *Tectona grandis* TECA

Bloque Parcela.....
 Tratamiento..... Fecha.....
 Nombre de la especie..... Nombre del evaluador.....

N° Arb.	Alt (m)	Db (cm)	Raíz (cm.)			Observaciones	N° Arb.	Alt (m)	Db (cm)	raíz (cm.)			Observaciones
			1	2	3					1	2	3	
1							9						
2							10						
3							11						
4							12						
5							13						
6							14						
7							15						
8							16						

*Db = Diámetro Basal

*Alt = Altura en (m)

*Db = Diámetro Basal

*N° = Número de árboles

4.2.2.4. Diseño Estadístico

Para este ensayo se utilizó un diseño en parcelas divididas en bloques al azar, con tres tratamientos y un testigo, con encalado y sin encalado y cinco repeticiones para cada tratamiento ensayado. El diseño y sus características se muestran en las Fig. 12, 13.

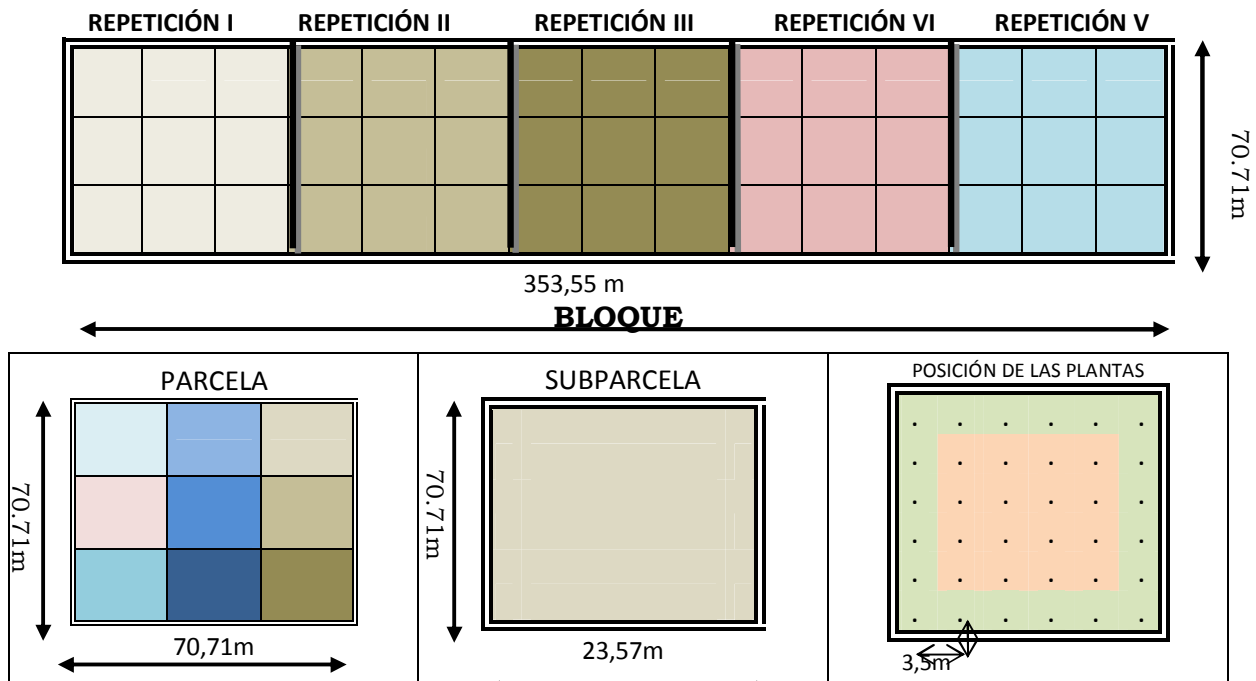
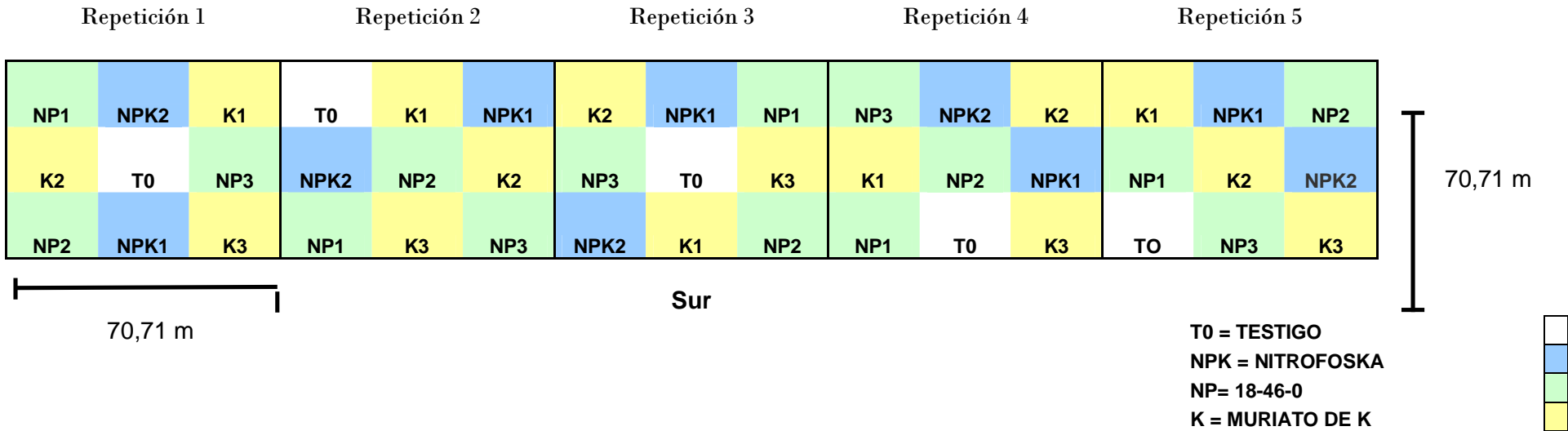


Figura 12. Diseño como estaba distribuida la investigación en el campo

CON ENCALADO (Bloque 1)

353,55 m Palma Norte



SIN ENCALADO (Bloque 2)

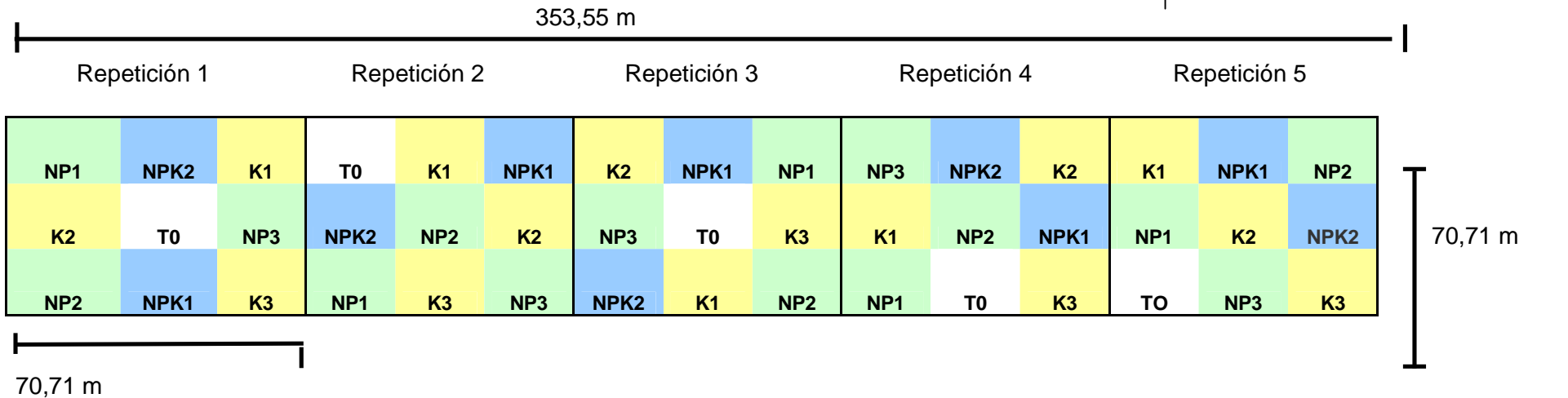


Figura 13. Tratamiento con encalado y sin encalado

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en la presente investigación

FACTORES		NIVELES	TRATAMIENTOS
F1: CAL	F2: Fertilizantes		
CC: 1000 gr	T ₀ : 0 gr de fertilizante	----	CC
	T ₁ : N,P,K (20-8-22-5-4)	NPK ₁ = 150 gr	CC NPK ₁
		NPK ₂ = 300 gr	CC NPK ₂
	T ₂ : NP (18-46-0)	NP ₁ = 100 gr	CC NP ₁
		NP ₂ = 150 gr	CC NP ₂
		NP ₃ = 200 gr	CC NP ₃
	T ₃ : K Muriato de Potacio	K ₁ = 50 gr	CC K ₁
		K ₂ = 100 gr	CC K ₂
		K ₃ = 150 gr	CC K ₃
	SC: 0 gr de CAL	T ₀ : 0 gr de fertilizante	----
T ₁ : Nitrofoska (NPK)		NPK ₁ = 150 gr	SC NPK ₁
		NPK ₂ = 300 gr	SC NPK ₂
T ₂ : NP (18-46-0)		NP ₁ = 100 gr	SC NP ₁
		NP ₂ = 150 gr	SC NP ₂
		NP ₃ = 200 gr	SC NP ₃
T ₃ : K Muriato de Potacio		K ₁ = 50 gr	SC K ₁
		K ₂ = 100 gr	SC K ₂
		K ₃ = 150 gr	SC K ₃

* CC = Con Encalado

SC= Sin encalado

Número de factores a probarse : 2
 Factor 1 : Carbonato de Magnesio (Cal)
 Factor 2 : Fertilizantes
 Niveles del Factor 1 : CC, SC
 Niveles del Factor 2 : T₀, T₁, T₂, T₃
 Número de tratamientos : 18
 Número de repeticiones : 5
 Número de unidades experimentales: 90

Modelo Matemático para el diseño estadístico:

$$\mu_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \delta_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = Media por Observación

β_k = Factor B (Subparcelas)

ρ_i = Bloques o Replicas

$\alpha\beta_{jk}$ = Interacción de parcelas

α_j = Factor A (Pp)

ε_{ijk} = Error Experimental

δ_{ij} =Error por Ppal

4.3. ANÁLISIS DE DATOS

Para analizar estadísticamente y determinar la existencia o no de diferencias significativas entre los tratamientos ensayados en la especie se aplicó un análisis de varianza ANOVA; al encontrarse diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey para verificar cuales de los diferentes tratamientos tienen diferencia significativa.

4.3.1. Metodología para Difundir los resultados a los interesados para su aplicación.

Para dar cumplimiento a este objetivo se sistematizó los resultados obtenidos al final del presente proyecto de tesis, y se pusieron a disposición la Universidad Nacional de Loja y la Empresa Fideicomiso Palmar del Río:

- Entrega de una fotocopia de la tesis en la Carrera de Ingeniería Forestal (CIF) y a la Empresa Fideicomiso Palmar del Río.
- Socialización con los actores involucrados a través de una conferencia a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3.1 se presentan las combinaciones de tratamientos entre cal y fertilizantes.

Cuadro 3.1 Combinaciones de tratamientos entre cal y fertilizantes de la especie Teca (*Tectona grandis* L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.

Cal (kg/planta)	Fertilizante (g/planta)
0	150 NPK (N,P,K (20-8-22-5-4)
	300 NPK (N,P,K (20-8-22-5-4)
	100 NP (18-46-0)
	150 NP (18-46-0)
	200 NP (18-46-0)
	50 K (muriato de potasio 0-0-60)
	100 K (muriato de potasio 0-0-60)
	150 K (muriato de potasio 0-0-60)
	0 Testigo
	1
300 NPK (N,P,K (20-8-22-5-4)	
100 NP (18-46-0)	
150 NP (18-46-0)	
200 NP (18-46-0)	
50 K (muriato de potasio 0-0-60)	
100 K (muriato de potasio 0-0-60)	
150 K (muriato de potasio 0-0-60)	
0 Testigo	

Los resultados de la investigación se presentan de acuerdo a las variables estudiadas: diámetro de la base del tallo y altura total de la planta, a los 6, 9 y 12 meses.

5.1. DIÁMETRO DEL TALLO

Para contrastar la hipótesis nula de no diferencia significativa entre diámetro del tallo de la especie Teca (*Tectona grandis* L.f) a los 6, 9 y 12 meses, se presenta el análisis de varianza en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Cuadrados medios y significancia al 5%, para el diámetro de tallo de la especie Teca (*Tectona grandis*. L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.

Fuentes de variación	GL	Diámetro del tallo (cm)		
		6 meses	9 meses	12 meses
Réplicas	4	1,527 ns	2,038 ns	3,246 Ns
Cal	1	1,104 ns	14,917 ns	18,906 *
Error 1	4	0,897	2,215	0,794
Fertilizante	8	0,283 ns	0,086 ns	0,102 Ns
Cal x Fertilizante	8	0,199 ns	0,105 ns	0,152 Ns
Error 2	64	0,154	0,161	0,178
Coeficiente de variación (%)		10,21	4,95	4,30
ns = No significativo al 5%		* = Significativo al 5%		

Del cuadro 3.2, se desprende en lo referente al diámetro del tallo, un comportamiento similar a los 6 y 9 meses, esto es, no se evidencian diferencias significativas en los diámetros para el factor cal, fertilización e interacción. Sin embargo a los 12 meses se detectan diferencias significativas, únicamente para el factor cal ya que este nutriente es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Además la deficiencia del Ca incluye necrosis de regiones meristemáticas jóvenes, tales como los extremos de las raíces jóvenes, donde la división celular y la formación de la pared son muy rápidas. (Taiz y Zeiger, 2002).

Cuadro 3.3 Promedios del diámetro del tallo de todos los tratamientos de (*Tectona grandis*. L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.

Cal kg/planta	Fertilizante g/planta	Diámetro del tallo (cm)		
		6 meses	9 meses	12 meses
0	150 NPK	3,7	7,7	9,3
	300 NPK	3,9	7,6	9,2
	100 NP	3,3	7,5	9,2
	150 NP	3,9	7,8	9,3
	200 NP	3,9	7,8	9,4
	50 K	3,8	7,7	9,3
	100 K	3,8	7,7	9,3
	150 K	3,6	7,7	9,5
	0 Testigo	3,7	7,8	9,6

	150	NPK	4,5	8,9	10,4
	300	NPK	4,0	8,6	10,4
	100	NP	3,8	8,5	10,6
	150	NP	4,1	8,5	10,4
1	200	NP	3,8	8,4	10,0
	50	K	3,7	8,3	10,0
	100	K	3,9	8,4	10,1
	150	K	3,8	8,3	10,3
	0	Testigo	4,0	8,5	10,3

En el cuadro 3.3 se presentan los promedios del diámetro, en el cual se observa que el efecto de la cal es significativo a los 12 meses, esto es, el mayor diámetro de tallo.

Cuadro 3.4 Diámetro del tallo de la especie Teca (*Tectona grandis*. L.f) con cal y sin cal. Huashito-Coca-Orellana, 2006.

Cal kg/planta	Diámetro del tallo (cm)		
	6 meses	9 meses	12 meses
0	3,7	7,7	9,4 a
1	4,0	8,5	10,3 b

Al no haber una diferencia significativa en incremento de diámetro de la especie *Tectona grandis* L.f. luego de fertilizar, en lo que respecta al sexto y noveno mes se puede explicar que el fertilizante aún no es asimilable por la planta, de allí que las plántulas donde se aplicó un kilo de carbonato de magnesio se obtuvieron mayores incrementos de diámetro, pero se hubiera obtenido mayores diferencias significativas si se lo aplicaba mucho antes de empezar a evaluar, ya que por motivo de que este producto tarda mucho en incorporarse al suelo no da resultados inmediatos. Además la especie empieza a tener mayores requerimientos nutricionales a partir del primer año, por lo que antes del mismo no se puede ver si tiene deficiencia de nutrientes.

Otro factor que influyó a la no significancia entre los diferentes tratamientos de fertilización, es la evaluación muy temprana a la cual fue sometida.

También se puede asegurar que la falta de significancia se debe, a que estos suelos antes de realizar la plantación estuvieron ocupados en labores agrícolas, los cuales son sometidos a programas de fertilización.

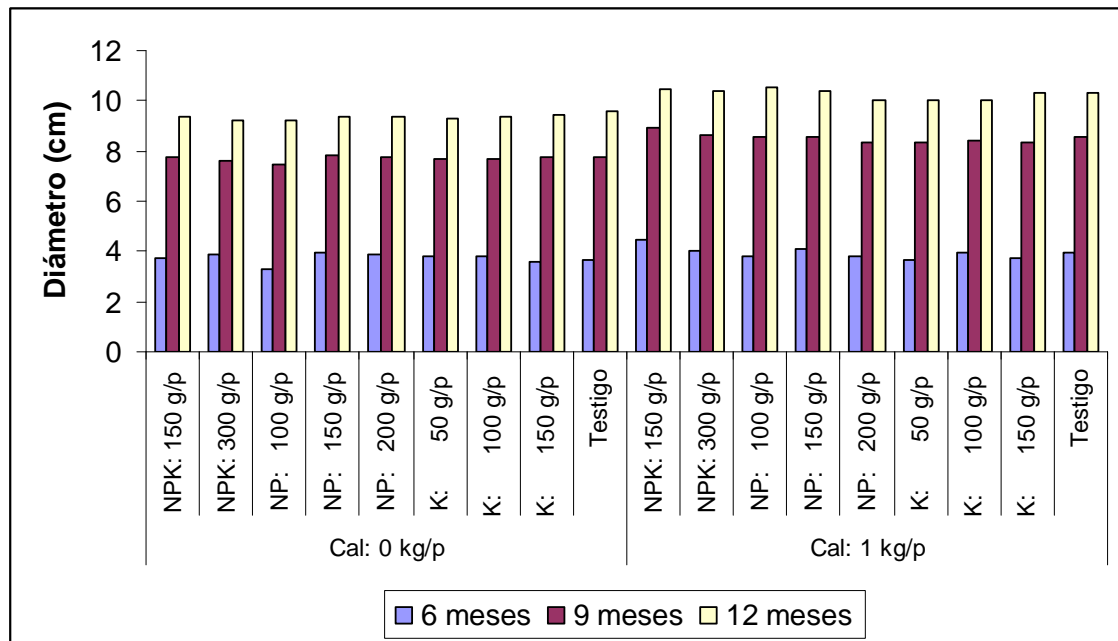


Figura 14. Diámetro del tallo de la especie Teca (*Tectona grandis*. L.f). Huashito-Coca- Orellana, 2006.

En la figura 14. en el bloque sin cal (0 Kg. de cal) se evidencia que el mejor crecimiento en diámetro de la especie *Tectona grandis*. L.f fue con el tratamiento Testigo (To) con un diámetro basal de 9,6 cm. Y el que menos crecimiento en diámetro obtuvo fue el tratamiento con 300 g de NPK con un diámetro basal de 9.2 y 100g de NP con un diámetro basal de 9,2 cm., estos crecimientos bajos se debe a la toxicidad del aluminio y del manganeso que se encuentra en los suelos ácidos lo cual no permite que la planta se desarrolle en su total normalidad.(FAO 2002, Los Fertilizantes y su uso).

Mientras que en el bloque con cal (1 Kg. de cal) se afirma que el mejor crecimiento en diámetro de la especie *Tectona grandis*. L.f se obtuvo con el tratamiento NP 100g con un diámetro basal de 10,6 cm. Y el que menos crecimiento en diámetro se obtuvo fue con el tratamiento con NP 200g con un diámetro basal de 10.3.

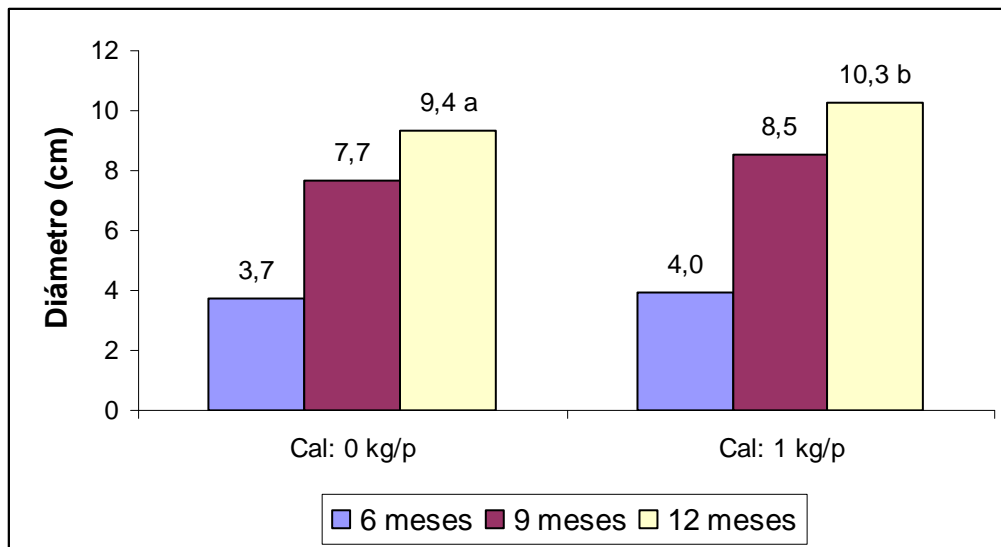


Figura 15. Diámetro del tallo de la especie Teca (*Tectona grandis*, LF). Huashito- Coca-Orellana, 2006.

En la figura 15 se presenta de manera grafica y mas detallada los promedios de crecimiento en diámetro a los 6 ,9 y 12 meses en dos escenarios con cal y sin cal, siendo así a los seis 3,7 cm. a los nueve 7,7 cm. y doce meses 9,4 sin cal y con cal 4,0 cm. a los seis 8,5 cm. nueve, 10,3 a los doce meses

5.2. ALTURA DE PLANTA

El análisis de varianza para contrastar la hipótesis nula de no diferencia significativa entre la altura d de la especie Teca ((*Tectona grandis*, L.f.) a los 6, 9 y 12 meses, se presenta en el Cuadro 3.4.

En el cuadro 3.5, se observa un comportamiento similar a los 6 y 9 meses, es decir, no existen diferencias significativas en la altura de planta para el factor cal, fertilización e interacción. No obstante, a los 12 meses se detecta diferencia significativa, únicamente para el factor cal.

Cuadro 3.5 Cuadrados medios y significancia al 5%, para la altura de la especie Teca (*Tectona grandis*. L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.

Fuentes de variación	GL	Altura de planta (m)					
		6 meses		9 meses		12 meses	
Réplicas	4	0,516	ns	1,692	ns	1,067	Ns
Cal	1	0,441	ns	3,204	ns	5,605	*
Error 1	4	0,189		0,504		0,694	
Fertilizante	8	0,036	ns	0,041	ns	0,033	Ns
Cal x Fertilizante	8	0,064	ns	0,121	ns	0,106	Ns
Error 2	64	0,037		0,071		0,091	
Coeficiente de variación (%)		11,04		6,42		5,54	
ns = No significativo al 5%				* = Significativo al 5%			

Cuadro 3.6 Promedios de altura de todos los tratamientos de (*Tectona grandis*. L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.

Cal kg/planta	Fertilizante g/planta	Altura de planta (m)		
		6 meses	9 meses	12 meses
0	150 NPK	1,58	3,95	5,24
	300 NPK	1,72	3,88	5,06
	100 NP	1,47	3,83	5,12
	150 NP	1,74	3,99	5,15
	200 NP	1,75	4,13	5,35
	50 K	1,71	4,01	5,22
	100 K	1,75	4,05	5,32
	150 K	1,65	3,97	5,31
	0 Testigo	1,60	3,93	5,17
	1	150 NPK	1,99	4,61
300 NPK		1,86	4,49	5,75
100 NP		1,79	4,42	5,82
150 NP		1,86	4,33	5,75
200 NP		1,74	4,27	5,59
50 K		1,64	4,10	5,55
100 K		1,79	4,19	5,57
150 K		1,72	4,30	5,63
0 Testigo		1,84	4,43	5,82

En el cuadro 3.6 se presentan los promedios de altura de planta, en el cual se observa que el efecto cal es significativo a los 12 meses, esto es, la mayor altura de planta se presenta cuando se aplicó 1 kg/planta de cal.

Cuadro 3.7 Altura de planta de la especie Teca (*Tectona grandis*. L.f). Huashito-Coca-Orellana, 2006.

Cal kg/planta	Altura de planta (m)			
	6 meses	9 meses	12 meses	
0	1,66	3,97	5,22	a
1	1,80	4,35	5,71	b

Al igual que la variable diámetro, la variable altura no tiene significancia al sexto y noveno mes, no obstante al doceavo mes se comprueba estadísticamente que si existe significancia entre los bloques que recibieron carbonato de magnesio, frente a los que no recibieron, lo cual indica que el Kilogramo de carbonato de magnesio que se aplicó alrededor de cada planta al tiempo ayudó a disminuir la acidez del suelo de (5.5 a 5.7), rango requerido para que la especie se pueda desarrollarse satisfactoriamente y por ende como es conocido a menor acidez del suelo menor será la asimilación de los nutrientes por parte de la especie *Tectona grandis* L.f. (Cuadro. 3.7).

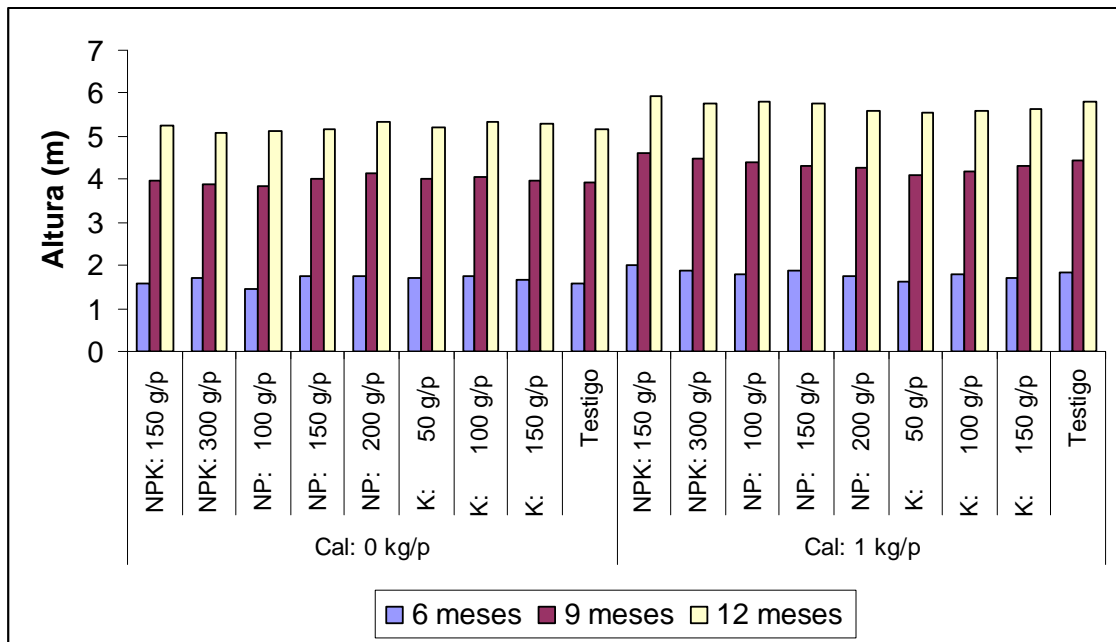


Figura 16. Altura de planta de la especie Teca (*Tectona grandis*. LF). Huashito-Coca-Orellana, 2006.

En la figura 16, en el bloque sin cal (0 Kg de cal) se evidencia que el mejor crecimiento en altura de la especie *Tectona grandis*. L.f se obtuvo con el tratamiento NP 200 g con una altura total de 5,35 m. Y el que tuvo menos crecimiento en altura total fue el tratamiento NPK 300g con una altura total de 5.06m

Mientras que en el bloque con cal (1 Kg de cal) se evidencia que el mejor crecimiento en altura de la especie *Tectona grandis*. L.f fue el tratamiento NPK 200g con una altura total de 5,93 m. Y el que menos crecimiento en altura total fue con el tratamiento K 50g con una altura total de 5.55 m.

La figura 17 nos presenta gráficamente la altura en promedio a los 6, 9, 12 meses en dos escenarios con cal y sin cal. Siendo así obteniendo mejores resultados donde aplico el factor cal teniendo una altura promedio a los 12 meses de 5,71 m.

Según (Prasad, Sah y Bhandari, 1986) se obtuvo estos resultados al combinar el fertilizante con el carbonato de magnesio ya que de esta manera la planta aprovecha de mejor manera los mismos.

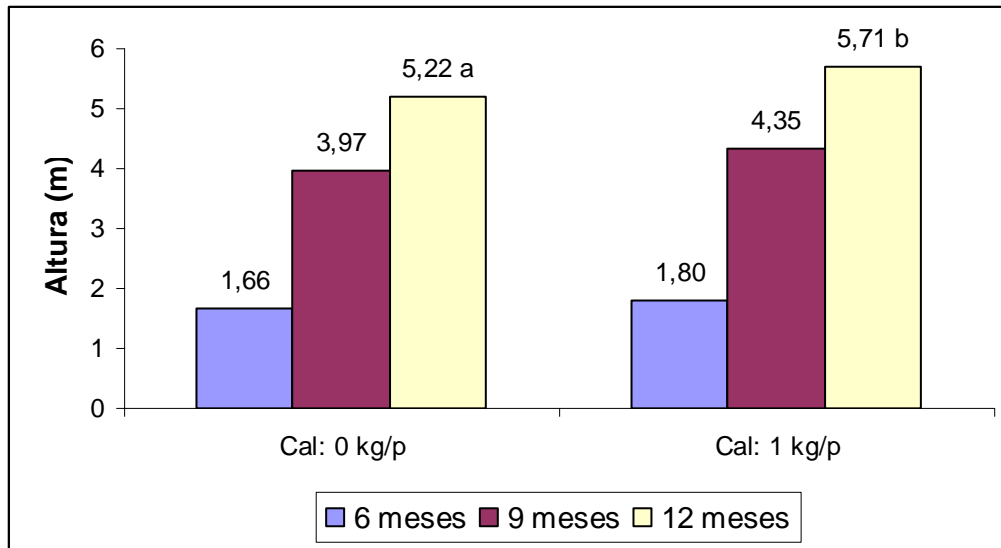


Figura 17. Altura de planta de la especie Teca (*Tectona grandis*. LF). Huashito-Coca-Orellana, 2006.

5.3. LONGITUD DE LA RAÍZ.

Cuadro 3.8 Longitud de raíz de la planta de la especie Teca (*Tectona grandis*. L.f.) Huashito-Coca-Orellana, 2006.

Cal kg/planta	Fertilizante g/planta	Longitud de Raíz (cm) 9 meses	
		Principal	Secundaria
0	150 NPK1	49	150
	300 NPK2	52	184
	100 NP1	60	130
	150 NP2	54	158
	200 NP3	57	162
	50 K1	48	148
	100 K2	57	141
	150 K3	42	128
	0 Testigo	52	128
	1	150 NPK1	58
300 NPK2		62	186
100 NP1		56	189
150 NP2		51	152
200 NP3		48	170
50 K1		78	164
100 K2		62	178
150 K3		56	159
0 Testigo		49	180

Como podemos observar en el cuadro 3.8 al igual que en las otras variables ya discutidas tenemos mayor crecimiento de raíces en las plantas que se les aplico cal, lo que nos indica que la planta crece normalmente durante los 12

primeros meses de plantada, además se debe este crecimiento radical a la gran estructura de drenajes > a 1 m de profundidad hechos en los ensayos para evitar los excesos de acumulación de agua en los mismos. A medida que aumenta la profundidad del subsuelo este es mas ácido (Wilcke *et al.*, 2001). lo que hace que el crecimiento radical se constriña ya que estas son muy susceptibles a la falta de oxígeno causando deficiencias en el crecimiento normal de la especie.

Después de analizar la figura 18, en el bloque sin cal (0 Kg. de cal) se evidencia que el mejor crecimiento en longitud de la raíz principal de la especie *Tectona grandis*. L.f fue el tratamiento NP 100g con una longitud total de 60 cm. y el mejor crecimiento en longitud de la raíz secundaria fue con el tratamiento NPK 200g con una longitud total de 184cm. Y el que menos crecimiento en longitud total de la raíz principal fue con el tratamiento K 150g con una Longitud total de 42 cm. y el menos crecimiento en longitud total de la raíz secundaria fue con el tratamiento K 150g con una longitud total de 128 cm. y con el tratamiento testigo T0 0g con una longitud total de 128 cm.

Mientras que en el bloque con cal (1 Kg. de cal) se afirma que el mejor crecimiento en longitud de la raíz principal de la especie *Tectona grandis*. L.f fue el tratamiento K 50g con una longitud total de 78 cm. y el mejor crecimiento en longitud de la raíz secundaria fue con el tratamiento NP 100g con una longitud total de 189 cm . Y el que menos crecimiento en longitud total de la raíz principal fue con el tratamiento Testigo (T0) 0g con una Longitud total de 49 cm y el menos crecimiento en longitud total de la raíz secundaria fue con el tratamiento K 150g con una longitud total de 152 cm .

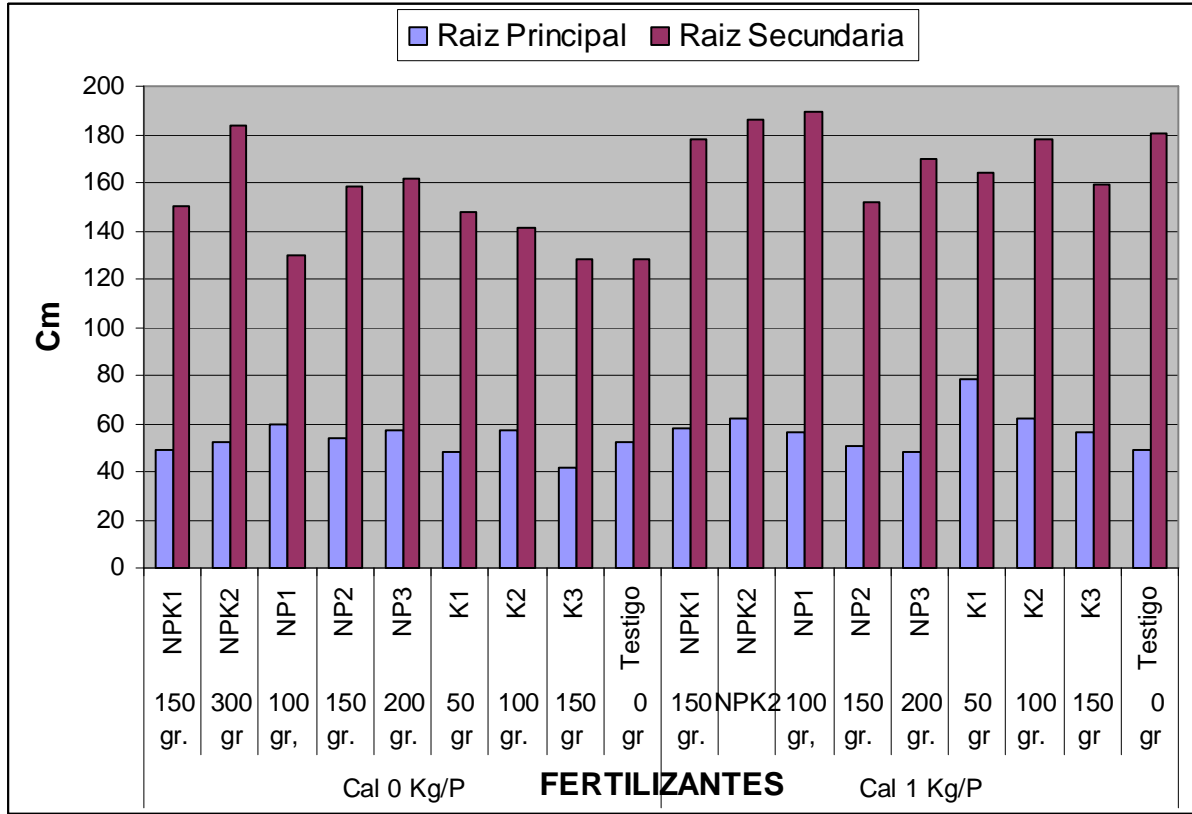


Figura 18. Longitud de la Raíz principal y secundaria de la especie Teca (*Tectona grandis*. LF). Huashito-Coca-Orellana, 2006.

6. CONCLUSIONES

- Luego de haber realizado los análisis estadísticos del estudio se pudo comprobar que no hubo diferencia estadística significativa, en las variables evaluadas de la especie *Tectona grandis* L.f. en cuanto a los diferentes tratamientos de fertilización, durante los primeros nueve meses, no así durante la última que se la realizó al primer año de plantada, donde hay una diferencia significativa, en cuanto al factor carbonato de magnesio.
- Los mayores incrementos en diámetro, altura y longitud de la raíz se obtuvieron aplicando 1 Kg. de carbonato de magnesio por planta, además de 100 gr. de NP en cuanto se refiere al diámetro, para la altura aplicando 150 gr. de NPK y para la raíz 100 gr. NP.
- De acuerdo con los datos obtenidos en la investigación los crecimientos tanto en diámetro como altura, así como el estado sivicultural son excelentes y estadísticamente normales. (Montero, 1995).
- La fertilización con NP contribuyeron a un mayor enraizamiento de la especie *Tectona grandis*.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con el monitoreo de las parcelas, para a futuro comprobar cual de los tratamientos es el mas eficaz en esta zona.
- Realizar enmiendas de encalado por lo menos dos veces al año, para de esta manera reducir la acides del suelo. Y así las plántulas puedan aprovechar mejor los nutrientes.
- Para obtener un buen crecimiento de la especie se debe, evitar plantar en suelos con pH menores a 4,5 y deficientes en nutrientes como calcio, Potasio, fósforo y magnesio. (FONSECA, W. 2004.)
- Manejar adecuadamente la plantación en lo que respecta a eliminación de malezas durante los primeros 12 meses para evitar competencia por nutrientes.
- Fertilizar con NPK, NP por períodos prolongados de tiempo para un mayor crecimiento y enraizamiento de la planta. (MONTERO, 1995).

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ANDERS, D., BROWNLEE, C., y HARPER J. 1999. Communicating with calcium. *Plant Cell* 11: 691-706.
2. COOKE, GW. 1975. Fertilización para rendimientos máximos. México. Editorial continental SA. P 33-40
3. FONSECA, W. 2004. Manual para productores de teca (*tectona grandis l. fj*) en costa rica. P 174-2003
4. GALLOWAY, G. 1986. Guía sobre la repoblación forestal en la sierra ecuatoriana. Quito Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. p 27-3
5. GROS, A. 1981. Guía Practica de la Fertilización. Madrid, España. Mundi-prensa. P 25-28
6. GUISELLE Brenes 2002. Programa de Restauración y Silvicultura del Bosque Seco A.C.G. p 88-94
7. INFOAGRO, 2002. Clasificación de los fertilizantes inorgánicos. (www.infoagro.com/abonos/abonos_y_fertilizantes.html)
8. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales Y Vida Silvestre
9. LORENTE, Juan. 2001. Biblioteca de la agricultura. Barcelona España. Tercera Edicion. p 111-166
10. McLAUGHLIN, SB. y WIMMER, R. 1999. Calcium physiology and terrestrial. In: *New phytologist: international journal of plant science* 142, S. 373-417.
11. MONTERO, M. 1995. Dinámica de crecimiento de teca (*Tectona grandis*) bajo fertilización en El Limón de Chupampa, Herrera,

- Panamá. In. Memorias del Seminario Técnico sobre Fertilización Forestal realizado en Santiago, Veraguas, Panamá. CATIE/INRENARE. pp. 17-29.
12. MUÑOZ, M. 1975. Comportamiento inicial de *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav) Oken plantado en asociación con maíz (*Zea mays*) bajo dos niveles de fertilización. Tesis Mag. Sc., Turrialva, C.R., Universidad de costa rica CATIE. p 23-25
 13. PRASAD, R., SAH, A.K. y BHANDARI, A.S. 1986. Fertilizer trial in ten and twenty years old teak plantations in Nadhya Pradesh. Journal of Tropical Forestry 2(1):47-52.
 14. RODRÍGUEZ Florencio. 1982 Fertilizantes, Nutrición Vegetal. México AGT Editor. Primera Edición. p 54-60
 15. SNEDDEN W.A. y FROMM H. 2001. Tansley Review No. 125. Calmodulin as a versatile calcium signal transducer in plants. New Phytol. 151: 35-66.
 16. TAIZ y ZEIGER. 2002. Plant Physiology. 3ra Ed. Editorial Sinauer Associates. Pág. 68- 74
 17. THOMPSON, L.M & TROEH, F.R.)2002. Nutrición Vegetal, Barcelona España Primera Edición. p 35-89
 18. VALENCIA E. 2006. Fertilización. Mérida Yucatán. Publicación
 19. WILCKE, W., YASIN, S., VALAREZO, C. Y ZECH, W. 2001. Change in water quality during the passage through a tropical montane rain forest in Ecuador. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. Pp. 46-48.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ANEXOS