

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Crecimiento de teca (*Tectona grandis L.*) en diferentes
Inceptisoles, en la hacienda El Belén del Sector Boyería, Cantón
Palenque, Provincia de Los Ríos”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y BIOLÓGICO

Presentada por:

Pedro Javier Borja Peralta

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2014

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por llenarme de bendiciones y mantenerme en pie de lucha para cumplir una etapa más de vida.

A mi querida madre Justina Peralta Loor, por todo el esfuerzo realizado para sacarme adelante así como también a mis hermanas Bella y Dayana.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP), Carrera de Ingeniería Agrícola y Biológica por haberme formado y por sus invaluable conocimientos impartidos por cada uno de los maestros hacia mí.

Al M.Sc. Edwin Jiménez director de mi tesis por su invaluable apoyo, consejos y enseñanzas recibidas durante mi formación.

A la PhD. María Isabel Jiménez por su apoyo incondicional durante el desarrollo de mi tesis.

Al PhD. José Manuel Ruíz por su ayuda en la clasificación taxonómica de suelos e interpretación de algunos conceptos y sobre todo haber sido parte del proceso.

Al M.Sc. Carlos Burbano por su apoyo incondicional desde el inicio de mi formación.

A la Sra. Juanita Vargas (mi segunda madre) por su invaluable apoyo durante estos años de estudios. A las Familias Mora acuña, Mora Sarcos y Crespo Ramos.

A mi hermano Samuel Mora por incentivarme a continuar con mis estudios, brindarme apoyo y confianza durante todo este tiempo.

A mis compañeros de la Carrera de Ingeniería Agrícola y Biológica: Carlos Riera, Marcos Medina, Leticia Pazmiño, Jaime Naranjo, Carlos Briones, Ricardo Pacheco, Rosita Rivera, Rafael Paredes, Peter y a mis amigos César Ponce, Natasha, Jimmy, Jairo.

DEDICATORIA

A Dios

A mis tres Madres (Justina, Francisca y Juanita)

A mis Hermanos (Bella, Dayanna, José, Rosny, Robin y Samuel)

A mis cuñad@s (Víctor, Estela y Gisela)

A mis Sobrinos (Johan, Britany, Daniel y Matías).

A mí Padre José María Borja Rizo. (EN PAZ DESCANSE). †

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

Ing. Jorge Duque R. M.Sc.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Edwin Jiménez R. M.Sc.
DIRECTOR DEL TFG

Dra. María Isabel Jiménez. Ph.D.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo Final de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Pedro Javier Borja Peralta

RESUMEN

El estudio se realizó en Abril del 2013, en una plantación de teca de aproximadamente 40 Ha, de 2 meses de edad, ubicadas en el Cantón Palenque, Provincia de Los Ríos, donde por medio de caracterización taxonómica de suelo, se logró identificar 3 clases de suelo del Orden Inceptisol: Typic Haplustepts Clay, Typic Haplustepts Loam y Typic Haplustepts Mixed; y a través mediciones dasométricas se determinaron la interacción de estos tipos de suelo con el crecimiento de la plantación. Para evaluar el crecimiento de Teca se establecieron 3 Unidades de muestreo de aproximadamente 400 m² en cada tratamiento o tipo de suelo. Las variables en estudio fueron Altura de planta, Diámetro de fuste, Longitud de entrenudos y Número de hojas en las cuales se efectuaron mediciones mensuales por un periodo de 6 meses. Además, se realizó una evaluación de la penetración radicular al sexto mes de evaluación.

La información recabada en campo fue analizada estadísticamente logrando determinar qué: los mejores resultados durante los 6 meses de evaluación en cuanto a las variables Altura de planta, diámetro de fuste,

longitud de entrenudos y número de hojas se dieron en el Tratamiento 3, clase de suelo caracterizado como Typic Haplustepts Mixed.

De igual manera, al relacionar las variables Altura de Planta Vs Profundidad de Raíces se logró determinar que los mejores resultados se dieron en el Tratamiento 3, Clase de suelo caracterizado como (Typic Haplustepts Mixed), cuyo R^2 fue de 0,97 afianzando la buena relación del crecimiento vegetal con este tipo de Inceptisol.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iv
ABREVIATURAS.....	viii
SIMBOLOGÍA	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	3
1. LOS SUELOS EN EL ECUADOR	3
1.1. Origen.....	3
1.2. Geomorfología	4
1.3. Suelos Forestales	5
1.4. Tipos de suelos.....	7
1.5. Inceptisoles.....	9

1.6.	Tipos de Inceptisoles	10
CAPÍTULO 2.....		13
2.	LA TECA.....	13
2.1.	Origen.....	13
2.1.1.	Clasificación Taxonómica.....	13
2.1.2.	Descripción botánica.....	14
2.2.	Parámetros agronómicos del cultivo	16
2.2.1.	Temperatura	16
2.2.2.	Clima.....	16
2.2.3.	Precipitación	17
2.2.4.	Altitud.....	18
2.2.5 .	PH requerido.....	19
2.2.6.	Requerimientos edáficos para el cultivo de teca	19
2.2.7.	Usos de la teca	23
2.3.	Manejo del cultivo de teca.....	23
2.3.1.	Siembra	24
2.3.2.	Viverización.....	25
2.3.3.	Trasplante.....	26
2.3.4.	Raleos.....	26
2.3.5.	Podas.....	28

2.4.	Experiencias en turnos de corte	29
CAPÍTULO 3.....		30
3..	MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1.	Ubicación del ensayo.....	30
3.2.	Materiales	32
3.2.1.	Materiales de Campo.....	32
3.2.2.	Materiales de Oficina.....	33
3.3.	Metodología.....	33
3.4.	Fase edáfica	34
3.4.1	Caracterización e identificación de suelos de la Hacienda el Belén	34
3.4.2	Distribución y elaboración de calicatas.....	34
3.4.3	Descripción de perfiles.....	35
3.4.4	Recolección de muestras de suelos.....	35
3.4.5.	Determinación de propiedades físicas y químicas del suelo.....	37
3.5.	Fase de inventario	38
3.5.1	Medición de variables.....	39
3.5.2	Altura	40
3.5.3	Diámetro	40
3.5.4	Número de hojas.....	40
3.5.5	Longitud de entrenudos	41

3.5.6	Profundidad de raíces	41
	CAPÍTULO 4.....	42
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	42
4.1.	Fase Edáfica	42
4.1.1	Descripción de perfiles.....	45
4.2.	Fase de Inventario.....	45
	CAPÍTULO 5.....	79
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES.....	82
	ANEXOS	83
	BIBLIOGRAFÍA.....	101

ABREVIATURAS

MAG	Ministerio de Agricultura.
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
CLIRSEN	Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores remotos.
Ha	Hectárea.
Cm	Centímetros.
m	Metros.
Km	Kilómetros.
mm	milímetros.
Kg	Kilogramos.
CORMADERA	Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero del Ecuador.
msnm	Metros Sobre el Nivel del Mar.
UTM	Universal Transverse Mercator.
Bs-T	Bosque seco Tropical.
USDA	United States Department of Agriculture.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
CE	Conductividad Eléctrica.

MO	Materia Orgánica.
UMP	Unidad de Muestreo Permanente.
Ap	Antrópico.
Bt	Horizonte B arcilla Silicatada.
Ar	Arena.
A	Arcilla.
L	Limo.
F	Franco.
Far	Franco Arenoso.
m ²	Metros cuadrados.
Km ²	Kilómetros cuadrados.
Sp	Especie.
CORPEI	Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones.

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje.
°C	Grados Celsius.
P	Fósforo.
M	Molar.
Na	Sodio.
K	Potasio.
Mg	Magnesio.
NH₄	Amonio.
NaOH	Hidróxido de sodio.
Fe	Hierro.
Mn	Manganeso.
Zn	Zinc.
Cu	Cubre.
Ca	Calcio.
G	Gramo.
Meq	Miliequivalentes.
Mmhos	Milimhos.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Geomorfología del Ecuador.....	4
Figura 2	Ubicación del área de estudio	31
Figura 3	Distribución de calicatas y unidades de muestreo permanente	36
Figura 4	Representación gráfica de una unidad de muestreo instalada en campo	39
Figura 5	Altura promedio por tratamientos	47
Figura 6	Diagrama de barras de diámetros promedio por tratamientos en cada periodo de evaluación	53
Figura 7	Longitud de entrenudos promedio por tratamiento en cada periodo de evaluación	58
Figura 8	Número de hojas promedio por tratamiento	63
Figura 9	Profundidad de raíces promedio por tratamiento	68
Figura 10	Relación entre altura de planta y profundidad de raíces para tratamiento 1_ (Typic Haplustepts Clay)	72
Figura 11	Relación entre altura de planta y profundidad de raíces para tratamiento 2_ (Typic Haplustepts Loam)	74
Figura 12	Relación entre altura de planta y profundidad de raíces para tratamiento 3_ (Typic Haplustepts Mixed)	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Cubierta forestal en el Ecuador.....	7
Tabla 2	Superficie aproximada de los órdenes de suelo en el Ecuador.	8
Tabla 3:	Tipos de Inceptisoles.....	12
Tabla 4:	Clasificación taxonómica de la Teca.....	14
Tabla 5:	Requerimientos EDAFO - climáticos para Teca.....	25
Tabla 6:	Características morfológicas de los suelos desarrollados en la Hacienda El Belén.....	43
Tabla 7:	Análisis de anova para la variable “altura de planta”.....	48
Tabla 8:	Prueba de homogeneidad de varianza para la variable “altura de planta”	49
Tabla 9:	Análisis de comparación múltiple de Tukey para la variable “altura de planta”	50
Tabla 10:	Análisis de anova para la variable “diámetro de fuste”.....	54
Tabla 11:	Prueba de homogeneidad de varianza para la Variable “diámetro de fuste”	55
Tabla 12:	Análisis de comparación múltiple de Tukey para la variable “diámetro de fuste”	56
Tabla 13:	Análisis de ANOVA para la variable “longitud de entrenudos”...	59
Tabla 14:	Prueba de homogeneidad de varianza para la variable “longitud de entrenudos”	60
Tabla 15:	Análisis de comparación múltiple de Tukey para la variable “longitud de entrenudos”	61

Tabla 16: Análisis de ANOVA para la variable “número de hojas”	64
Tabla 17: Prueba de homogeneidad de varianza para la variable “número de hojas”	65
Tabla 18: Análisis de comparación múltiple de Tukey para la variable “número de hojas”	66
Tabla 19: Análisis de anova para la variable “profundidad de raíces”	69
Tabla 20: Prueba de homogeneidad de varianza para la variable “profundidad de raíces”	69
Tabla 21: Análisis de comparación múltiple de Tukey para la variable “profundidad de raíces”	70
Tabla 22: Correlación entre las variables altura de planta y profundidad de raíces para el tratamiento 1 t1	71
Tabla 23: Correlación entre las variables altura de Planta y profundidad de raíces para el tratamiento 2 t2	73
Tabla 24: Correlación entre las variables altura de planta y profundidad de raíces para el tratamiento 3 – t3	75
Tabla 25: Valores finales de cada variable en estudio para los diferentes tipos de suelo	78

INTRODUCCIÓN

El 70.7% de la superficie terrestre del Ecuador está formada por suelos del Orden Inceptisol, Los cuales presentan diversas aptitudes positivas, ya sean para el aprovechamiento forestal o para la agricultura. En los últimos años, el interés por impulsar el establecimiento de plantaciones forestales en el Ecuador ha incrementado; lo cual se fundamenta por la demanda de madera que existe a nivel nacional como internacional y por los beneficios que otorga en la conservación y recuperación de áreas degradadas. El objetivo de esta investigación consiste en determinar el crecimiento de teca en diferentes Inceptisoles mediante caracterización taxonómica de suelos, utilizando el manual de claves para taxonomía de suelos (USDA-SOIL TAXONOMY, 2010) y la guía para la descripción de suelos (FAO, 2009) que a través de la instalación de Unidades de Muestreo Permanentes en los diferentes suelos, se evaluarán las variables altura de planta, diámetro de fuste, Longitud de entrenudos, número de hojas y profundidad de raíces para determinar el crecimiento de esta especie en los diferentes tipos de suelos caracterizados.

Por otra parte, siendo la selección del sitio uno de los principales problemas al momento del establecimiento de las plantaciones forestales, este trabajo de investigación permitirá a inversionistas y productores forestales, tener una guía

al momento de la elección de los sitios para establecer teca o cualquier otra especie forestal.

CAPÍTULO 1

1. LOS SUELOS EN EL ECUADOR

1.1 Origen

El origen de los suelos en el Ecuador está dado por la existencia de tres grandes grupos. Los suelos aluviales formados sobre materiales sedimentarios jóvenes que pertenecen a dos medios distintos: el medio fluvio marino y el medio fluvial. Los desarrollados sobre cenizas volcánicas, que ocupan más del 30% del territorio nacional, los cuales son considerados suelos evolucionados y por lo tanto aptos para el desarrollo de la actividad agrícola, y los suelos formados a partir de la roca madre considerados poco evolucionados, pues geológicamente son jóvenes y provienen de cenizas muy recientes o ubicadas en zonas climáticas donde la sequía limita la velocidad de alteración de los materiales originales [3].

1.2 Geomorfología

En el Ecuador el mayor rasgo de la geomorfología está constituido por la presencia de la Cordillera de los Andes en la zona central, que atraviesa al país de norte a sur, con una dirección meridiana, originando la división fisiográfica del país: La región litoral o costanera al oeste, yuxtaposición de relieves colinados y grandes llanuras. La gran cadena montañosa de los Andes, al centro. Los relieves bastante monótonos de la cuenca amazónica, al este. Por otro lado, El Archipiélago de Galápagos constituye en sí mismo una entidad original [3].

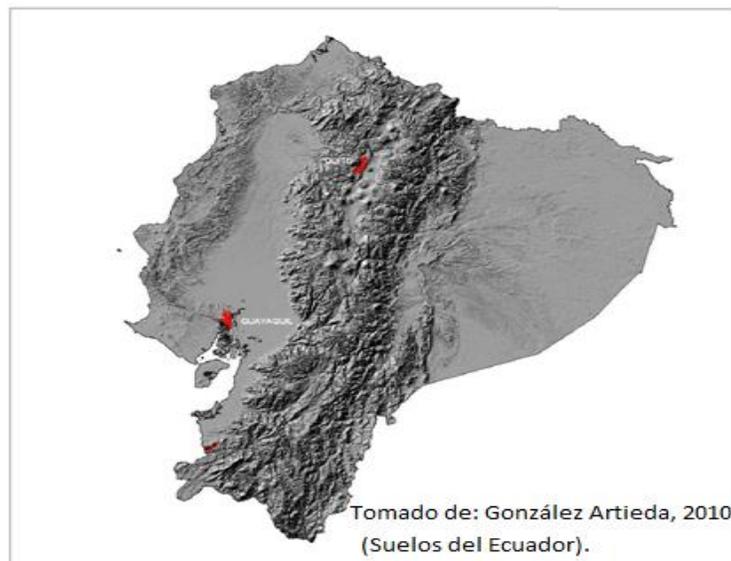


FIGURA 1:
GEOMORFOLOGÍA DEL ECUADOR

1.3. Suelos Forestales

Se estima que el Ecuador posee una superficie terrestre de 28'356.000 ha (aprox. 256.370 km²) de las cuales, se considera que 14'404.000 hectáreas (144.040 km²) de tierra son de uso preferentemente forestal, es decir, el 52% del territorio nacional, correspondiendo a los bosques naturales 11'962.000 Ha (119.620 km²), que representan el 43% de la superficie total del Ecuador, donde alrededor de 160.000 Ha corresponden a plantaciones forestales, que representan el 1.14% de la superficie forestal del Ecuador.[4]. (Ver Anexo 1).

Debido a las ventajas que presenta el Ecuador, como su ubicación geográfica, la presencia de la Cordillera de los Andes y la influencia de las corrientes marinas, permiten que existan una gran variedad de climas y formaciones vegetales. Por otro parte, en algunas zonas del Ecuador se dispone de 12 horas luz al día, durante todo el año, lo que incide en una mayor velocidad de crecimiento de especies forestales valiosas, tanto nativas como exóticas, que son apetecidas por el mercado nacional e internacional [4].

Las plantaciones forestales son especialmente de *Pinus* spp. Y *Eucalyptus* spp., que se encuentran ubicadas principalmente en la región Sierra, mientras que teca (*Tectona grandis L.*) se encuentra en la región Costa, que son maderas de mayor valor comercial en el mercado mundial. En la región Amazónica es más notoria la presencia de árboles en cultivo (Sistemas agroforestales). Sin embargo, se estima que de las 160.000 Ha de plantaciones forestales, en la región sierra se encuentran 80.000 Ha; en la región Costa, 60.000; y en la Amazonía alrededor de 20.000 Ha, predominando el cultivo de árboles en sistemas agroforestales [4].

Se estima que alrededor de 3 millones de hectáreas son tierras de uso potencial forestal, las cuales pueden ser cubiertas con árboles para fines de producción o protección [4].

Según un estudio elaborado por (Vinuela, 2003) y el programa de repoblación forestal en el Ecuador, determinan la cubierta forestal en varias categorías de manejo definidas por la autoridad ambiental, MAE, las cuales se resumen en la siguiente tabla [5].

TABLA 1
CUBIERTA FORESTAL EN EL ECUADOR

CUBIERTA FORESTAL EN EL ECUADOR			
Tipo de manejo o categoría	Superficie Cobertura (Ha)	Porcentaje sobre cobertura total (%)	Porcentaje superficie del País
Sistema nacional de áreas protegidas	3.297.000	37.27	12.85
Bosque protector	2.390.000	27.01	9.32
Bosque con potencial productivo	3.000.000	33.91	11.7
Plantaciones Forestales	160.000	1.81	0.62
Total	8.847.000	100	34.51
Tierras con potencial de reforestación	2.030.000	22	7.92

Fuente: Vinueza, 2003

1.4 Tipos de suelos

Según el Sistema Americano de Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy) [6], existen doce órdenes de suelos que se diferencian por la presencia o ausencia de determinados horizontes de diagnóstico o rasgos que son evidencias de diferencias en el grado y clase de los procesos edafogenéticos dominantes en la evolución del suelo. Los doce órdenes de suelo son: ENTISOLES, INCEPTISOLES, MOLLISOLES, ALFISOLES,

ULTISOLES, ESPODOSOLES, OXISOLES, ARIDISOLES, ANDISOLES, VERTISOLES HISTOSOLES Y GELISOLES [7].

En el Ecuador, mediante un convenio realizado entre el MAG-IICA-CLIRSEN, 2002 determinaron 8 órdenes de 12 (Ver Anexo 2), y estos son: OXISOLES, HISTOSOLES, ARIDISOLES, VERTISOLES, MOLLISOLES, ALFISOLES, ENTISOLES, E INCEPTISOLES [1]. La siguiente tabla muestra en forma resumida el área que ocupa cada orden de suelo presente en el Ecuador.

TABLA 2
SUPERFICIE APROXIMADA DE LOS ÓRDENES DE SUELO EN EL ECUADOR.

ÓRDENES DE SUELO			
	Ha	km ²	%
OXISOLS	8019.97	80.2	0.033
HISTOSOLS	288977.33	2889.8	1.20
ARIDISOLS	233537.69	2335.4	0.97
VERTISOLS	370486.87	3704.9	1.54
MOLLISOLS	1817523.26	18175.2	7.54
ALFISOLS	1403372.08	14033.7	5.83
ENTISOLS	2924165.01	29241.7	12.14
INCEPTISOLS	17045885.9	170458.9	70.75

Fuente: MAGAP, 2002

1.5 Inceptisoles

Los Inceptisoles son suelos inmaduros que tienen un perfil con rasgos menos expresados que los suelos maduros y que guardan todavía relación con la naturaleza del material original. Además, este tipo de suelo puede encontrarse en climas subhúmedos a húmedos desde las regiones ecuatoriales a la tundra. En zonas donde la evapotranspiración excede la precipitación en alguna estación del año los inceptisoles se localizan sobre superficies jóvenes. Por otro lado, si la precipitación excede la evapotranspiración todos los meses del año, los inceptisoles pueden encontrarse tanto sobre superficies viejas como jóvenes [7].

Este orden es muy heterogéneo, abarca desde suelos muy pobremente drenados a bien drenados, de tal forma, que sus propiedades físicas y químicas son muy variadas. Sin embargo, la aptitud de los Inceptisoles es diversa. Las áreas escarpadas son más apropiadas para forestales, recreación y vida silvestre. Los Inceptisoles pobremente drenados pueden ser extensivamente usados para cultivo una vez drenados. Desde que los Inceptisoles pueden encontrarse en climas muy variados, excluyendo las regiones áridas, su aptitud puede ser igualmente muy diversa [7].

1.6 Tipos de Inceptisoles

Los principales tipos de Inceptisoles son: AQUEPTS, UMBREPTS, ANDEPTS, TROPEPTS Y OCHREPTS.

AQUEPTS

Son Inceptisoles con un régimen de humedad ácuico, generalmente tienen un horizonte superficial de colores grisáceos bien desarrollado, que puede ser hístico o por la presencia de horizontes sulfúricos, o ambos, además, se presentan moteados , al menos en los 50 cm de la superficie del suelo [8].

UMBREPTS

Son Inceptisoles que tienen un epipedón úmbrico, móllico o antrópico, poseen buen drenaje y presenta colores rojizos oscuros o marrones con alto contenido de materia orgánica [8].

ANDEPTS

Son Inceptisoles que tienen, hasta 35 cm o más de profundidad, o hasta un contacto lítico o paralítico en caso que se encuentre a menos de 35 cm. Densidad aparente (a una tensión de 1/3 de bar) de la fracción tierra fina, inferior a 0.85 g/cc y un complejo de intercambio dominado por materiales amorfos [8].

TROPEPTS

Los Tropepts son Inceptisoles mejor drenados, localizados en las zonas intertropicales, que tienen un régimen de temperatura isomésico u otro iso más cálido [8].

OCHREPTS

Son Inceptisoles que se presentan fuera de las áreas cálidas intertropicales y muestran una marcada diferencia en la temperatura del suelo (más de 5 °C a 50 cm de profundidad, entre el mes más caluroso y el mes más frío) [8].

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra la clasificación de los Inceptisoles.

TABLA 3:
TIPOS DE INCEPTISOLES

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO
INCEPTISOLS	AQUEPTS	Cryaquepts	INCEPTISOLS	ANDEPTS	Cryandepts
		Fragiaquepts			Durandepts
		Humaquepts			Hydrandepts
		Halaquepts			Eutrandepts
	Vermaquepts	Vitrandepts			
	Epiaquepts	Dystrandepts			
OCHREPTS	OCHREPTS	Sulfaquepts	UMBREPTS	Fragiumbrepts	
		Petraquepts		Cryumbrepts	
INCEPTISOLS	OCHREPTS	Fragiochrepts	INCEPTISOLS	TROPEPTS	Xerumbrepts
		Durochrepts			Haplumbrepts
		Cryochrepts			Humitropepts
		Ustochrepts			Ustropepts
		Xerochrepts			Eutropepts
		Eutrochrepts			Dystropepts
Dystrochrepts					

Fuente: Soil Taxonomy, 1982

CAPÍTULO 2

2.LA TECA.

2.1 Origen

Muchos autores alegan que la especie es originaria del sureste asiático Birmania, Actualmente Myanmar, Tailandia y de la India, Malasia, Java y La República Democrática Popular Laos. [9]

2.1.1. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica de la especie arbórea teca (***Tectona grandis*** L.) se detalla en la siguiente tabla:

TABLA 4:
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA TECA

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Subphylum	Angiosperma
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae (Verbenaceae)
Género	Tectona
Epíteto	Grandis
N. Científico	Tectona grandis L.

Fonseca, 2004

2.1.2. Descripción botánica.

La teca pertenece a la familia VERBENACEAE. Es una especie latifoliada, decidua que puede alcanzar más de 50 m de altura y 2 m de diámetro en su lugar de origen. ***Tectona grandis*** es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 12 mm de espesor, de color café claro que se desfolia en placas grandes y delgadas, sin olor o sabor característico. Esta especie presenta dominancia apical,

que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, por lo

que origina copas más amplias con ramas numerosas. La especie teca presenta hojas opuestas, grandes de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con peciolo gruesos, limbos membranáceos o subcoriáceos, nervios prominentes en ambas caras. Presenta inflorescencia en panículas terminales de 40 cm. hasta 1m. de longitud. Flores de cáliz campalunado, color amarillo verdoso, estilo blanco amarillento, más o menos pubescente con pelos ramificados, estigma blanco amarillento bífido. Ovario cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas. [10]

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

Las semillas son pequeñas, oleaginosas de 5 a 6 mm de largo. Los frutos contienen desde 1 a 4 semillas, pero en la práctica cada fruto se considera una semilla. Entre 1100 y 1500 frutos (semillas) bien secos pesan 1 Kg.

La raíz de teca es pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, pero forma numerosas y fuertes 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 profundidad de suelo se encuentra entre el 65% a 80% de la biomasa radical fina. [9]

2.2 Parámetros agronómicos del cultivo

2.2.1 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 de 24 °C a 30 °C. [9]

2.2.2 Clima

La teca es una especie que requiere climas cálidos y húmedos tropicales, pero que dispongan de un periodo seco de tres a cinco

meses, con precipitaciones anuales de 1270 a 3800 mm, aunque puede existir en sitios donde las lluvias no pasen de 760 mm, Los mejores rendimientos se obtienen entre los 1000 a 2000 mm de precipitación anual. [11]

Respecto a la región Ecuatoriana, un clima monzónico (estación lluviosa con cantidades variables de precipitación, seguida de una estación seca; seis meses de cada una), se presenta en la costa ecuatoriana en zonas cálidas con régimen pluvio-métrico de 4 a 6 meses secos. [11]

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 de 24 °C a 30 °C. [9]

2.2.3. Precipitación

Tectona grandis se adapta a condiciones de pluviosidad que van desde los 1000 a 3750 mm/año, teniendo una época seca bien marcada de 3 a 5 meses, con extremos de 500 a 5000 mm/año.

La teca en condiciones muy húmedas puede generar mayor crecimiento, pero la producción de madera es de menor calidad, por la presencia de un mayor porcentaje de albura, color menos atractivo, textura más pobre, pérdida de fuerza y menor densidad. [9]2.2.4

Altitud

T. grandis se desarrolla 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. [9]

2.2.4 Altitud

T. grandis se desarrolla 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. [9]

2.2.5 PH requerido

La teca se desarrolla bien en suelos con pH neutro o ácido. De acuerdo a (KRISHNAPILLAY, 2000) [12] el pH del suelo óptimo para un buen crecimiento de esta especie es de 6.5 a 7.5. De la misma forma (López, 2004) [13] menciona que la teca tiene un excelente crecimiento en pH por arriba de 5.5. Por consiguiente comprueba que la teca es una especie basófila que se debe plantar en suelos con porcentaje de saturación de bases por arriba a 43%.

2.2.6 Requerimientos edáficos para el cultivo de teca

Según (Chaves et al, 1991) [10], la mayor parte de plantaciones de teca se encuentran ubicadas en topografías onduladas y pequeñas colinas, en suelos planos con buen drenaje, limitando su desarrollo en suelos poco profundos.

Por otro lado (FONSECA, 2004) [9], menciona que esta especie se adapta a múltiples variedades de suelos, prefiriendo suelos planos,

aluviales de texturas medias a ligeramente finas como Franco-arenosos

o arcillosos, profundos, fértiles y bien drenados. ***T. grandis***. Es exigente de elementos como calcio fosforo y magnesio. Briscoe (1995) [14], manifiesta que en condiciones naturales la teca crece en múltiples tipos de suelo, logrando su mejor desarrollo en suelos franco-arenosos y arcillosos, bien drenados, profundos, fértiles y con pH ligeramente ácidos a neutros que oscilan entre 5.0 y 8.5. Por otra parte, (Bacilieri, 1998) citado por [13] , indica que el mejor crecimiento para la especie arbórea teca se da en suelos bien drenados y fértiles, en substratos volcánicos o suelos aluviales con pH de 6.5 a 7.5. Estas características coinciden con las descritas por Briscoe, 1995 [14]. Según (López, 2004) [13], señala que de preferencia se deberían elegir sitios para plantar teca en terrenos que se encuentren a una altitud menor a 220 msnm, con pendientes que no excedan el 40%, en terrenos con fisiografía ondulada a plana con poca o mediana pedregosidad externa y que no presenten problemas de inundación por largos periodos de tiempo, suelos que presenten poca compactación, ya que esta variable limita el crecimiento radicular de la especie, disminuyendo la absorción tanto de agua como de nutrientes del suelo.

Por otro lado, (Mollinedo, 2003) [15], indica que mediante un análisis de crecimiento de teca en relación con el porcentaje de pendiente, determinó que las plantaciones ubicadas en rangos de crecimiento medio no tienen definida su dependencia con la pendiente, mientras que la clase de crecimiento bajo es dependiente de la pendiente, y las plantaciones en crecimientos altos están relacionadas inversamente con el porcentaje de la pendiente. (Mollinedo, 2003) [15], mediante este análisis muestra la importancia que tiene la pendiente sobre las expectativas de crecimiento y productividad de la teca. Además, (Montero, 1999) [16], determinó que los mejores sitios para el crecimiento de teca se encuentran en terrenos planos con pendientes inferiores en contraposición de pendientes medias y cimas. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2007) [17], menciona los principales requerimientos edafo-climáticos para el crecimiento de teca que se resumen en el siguiente cuadro.

TABLA 5:
REQUERIMIENTOS EDAFO - CLIMÁTICOS PARA TECA.

Forma de vida	Árbol	Fisiología	Deciduo	
Hábito	Erecto	Categoría	maderable	Medicinal
				Ornamental

Ecología							
	Optima		Absoluta			Optima	Absoluta
Temperatura (°C)	22	32	14	43	Profundidad suelo	> 150 cm	50 - 150 cm
Precipitación (mm)	1200	3000	500	4000	Textura de Suelo	Media	Media - Pesada
Altitud (m.s.n.m.)	0			1200	Fertilidad	Alta	Moderada
Ph suelo	6	7,5	4,5	8,5	Drenaje de suelo	Bien drenados	Bien Drenados

FUENTE: FAO, ECOCROP. 2007

2.2.7 Usos de la teca

La teca es una especie de múltiple usos, debido a la solidez, resistencia, trabajabilidad y calidad estética. Es la madera tropical más solicitada, considerada como una de las más valiosas y apetecidas del mundo. La utilizan en construcciones navales, ebanistería, construcción de muelles, compuertas, pisos expuestos al tránsito de peatones, instrumentos musicales, juguetes, etc. La teca también es utilizada en sistemas agroforestales aplicando el sistema Taungya con cosechas anuales de arroz y maíz. [9]

Según (CORMADERA, 2001) [11], la teca es empleada como barrera viva, así como también es utilizada en el control de erosión, conservación de suelos, como combustible en forma de leña y carbón vegetal.

2.3 Manejo del cultivo de teca

El manejo de teca permite mantener a una plantación en condiciones óptimas, con buen crecimiento, libre de malezas siempre y cuando se

realicen labores oportunas y adecuadas en cuanto al establecimiento y manejo de la plantación.

2.3.1 Siembra

Por lo general para realizar la siembra de una plantación de teca se requiere emplear labores previas como la chapia o eliminación de toda la vegetación. En terrenos con pendientes se recomienda plantar a una mayor densidad de siembra para evitar que el suelo se mantenga descubierto de vegetación y ocasione la erosión. Además se recomienda plantar algún tipo de vegetación en curvas de nivel, con el objeto de reducir el proceso de erosión. [10]

Por otro lado (FONSECA, 2004) [9], menciona que mientras existan recursos suficientes y las condiciones del terreno lo permitan, puede ararse el terreno. En terrenos muy compactados se recomienda realizar un subsolado, labor que se ejecuta en época seca.

2.3.2 Viverización

La producción de plántulas de teca en vivero se la puede realizar mediante semillas, su germinación es lenta e irregular. Se inicia aproximadamente a los 10 días después de la siembra y continúa aproximadamente por 3 meses. [11]

Sin embargo, la viabilidad de la semilla puede incrementar después de 6 meses o 1 año de almacenamiento. La semilla se puede sembrar en forma directa en las camas de germinación empleando una distancia de 5cm x 5cm entre semillas y entre surcos. Para cubrir una área de siembra de 1m² se requiere 0.26 Kg de semillas (1 Kg tiene 1.500 semillas).

Las semillas se colocan en la cama de germinación con el micrópilo (ombligo) en contacto con el sustrato, en surcos con una densidad aproximada de 400 semillas por m² a una profundidad de 2 a 3 cm cubriendo las semillas con sustrato o arena. [11]

Existe otro método de obtención de plántulas como la reproducción por pseudoestacas. Las pseudoestacas se siembran en almácigos a una

distancia de 10 cm entre estaca y 20 cm entre calle. Las estacas están listas a una edad de 8 a 10 meses aproximadamente, cuando el diámetro de la base de las plantas alcanza 1 a 2 cm. [11]

2.3.3 Trasplante

El trasplante de teca se puede realizar manualmente. La bolsa o funda se humedece para que el pan de tierra salga intacto, lo que reduce el stress en las plántulas. La planta debe enterrarse derecha hasta el cuello de la raíz y apisonarla para que no queden espacios con aire en la zona de raíces. La mejor época para el establecimiento de la plantación es la estación lluviosa. En cuanto a la resiembra debe ejecutarse máximo un mes después de la plantación y se justifica cuando la sobrevivencia es menor al 80%. [9]

2.3.4 Raleos

El raleo consiste en la eliminación de árboles en un rodal en algún momento entre su establecimiento y su cosecha final, en los cuales los árboles eliminados son de la misma especie que los árboles

favorecidos. Se realiza el raleo con el objeto de quitar árboles de mala forma, torcidos, bifurcados, con ramas gruesas, etc. para favorecer el crecimiento de los mejores individuos, los cuales se dejaron para la cosecha final. [18] Por otro parte, (FONSECA, 2004) [9], menciona que existen cinco métodos clásicos de hacer un raleo: bajo, alto (copas), de selección, mecánico y libre, siendo este último el método de mayor aplicación en nuestro medio y el que conlleva a mayor cuidado por parte de las personas encargadas de desarrollarlo, ya que los árboles se cortan sin apegarse a ningún esquema, se considera la opinión del técnico de cómo se desarrollará el rodal, tomando en cuenta criterios como: vigor, clase de copa, espaciamiento, ramificación, forma, sanidad, entre otros.

Se ha determinado que *T. grandis* responde bien a raleos fuertes sin perjudicar el crecimiento en altura, favoreciendo el incremento en diámetro. La programación de raleos depende de la densidad inicial de plantación, generalmente el primer raleo se debe ejecutar cuando las copas empiezan entrar en contacto, aproximadamente a los 4 o 5 años de edad. Cabe recalcar que la teca no tolera la fricción de copas y es incapaz de mantener un dosel cerrado. [9]

2.3.5 Podas

La poda es considerada como la práctica de cortar ramas para la producción de madera limpia, es decir, libre de nudos. Las ramas se cortan cerca del fuste utilizando herramientas apropiadas como: machetes, sierras manuales, motosierras y podadoras con varas telescópicas. Además no es recomendable podar ramas con un grosor mayor a 5 cm, ya que estas probablemente contienen duramen, el cual no produce sustancias protectoras después del corte. Las heridas ocasionadas en el corte de ramas grandes tardan más tiempo en cicatrizar. La presencia de ramas grandes es un indicador que muy probablemente la poda es tardía. [18]

Según (FONSECA, 2004) [9], la poda se aplica a los mejores árboles después del raleo, podando hasta un tercio de su altura o máximo el 50% de su copa viva cortando solo las ramas que el árbol no puede eliminar por sí mismo; aunque la teca en densidades normales presenta buena poda natural.

Por otro parte, (CORMADERA, 2001) [11], recomienda realizar dos podas de chupones (brotes) cada año con el objetivo de disminuir la competencia por nutrientes y agua, manteniendo el fuste principal del árbol. Además recomienda realizar una poda de formación al quinto año, con el objetivo de permitir el desarrollo de un fuste limpio hasta una altura de 6m. Utilizando este tipo de manejo se ha observado que las plantaciones tienen fustes rectos y bien formados, permitiendo una plantación homogénea.

2.4 Experiencias en turnos de corte

Turnos de corta muy largos por lo general conllevan altos costos financieros de las actividades que se realizan durante los primeros años, por lo que inversionistas, principalmente pequeños productores pierden el estímulo. Sumado a lo anterior, existen pocas diferencias marcadas en las características de la madera adulta (más de 50 años), comparada con madera de 15, 20 o 25 años, lo que conlleva a utilizar turnos cortos, recomendándose de 25 a 40 años para producir madera de calidad.[9]

CAPÍTULO 3

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del ensayo.

El experimento se realizó durante los meses de Abril a Septiembre del 2013, en la hacienda EL BELEN, ubicada en el recinto Boyería del cantón Palenque, provincia de Los Ríos, la cual se encuentra en las coordenadas UTM WGS84 17S (631273 – 9834427). La superficie del predio es de 75 Ha, y el área objeto del estudio posee alrededor de 40 Ha, las cuales habían sido recientemente sembradas aprovechando el inicio de la etapa invernal. (Ver Figura 2). La plantación fue establecida en febrero del 2013 con material de siembra obtenidos de viveros del cantón Quevedo, a un distanciamiento de siembra de 3m x 4m. Obteniendo una población de 833 individuos por Ha.

De acuerdo con la clasificación de las zonas de vida de Holdridge, el Cantón Palenque se encuentra en la formación ecológica considerada como Bosque Seco Tropical (Bs-T). Esta conformación presenta precipitaciones anuales comprendidas entre 800 – 1000 mm, una temperatura media anual de 18°C a 36° C, con una elevación que va desde 20 – 50 m.s.n.m.[19]

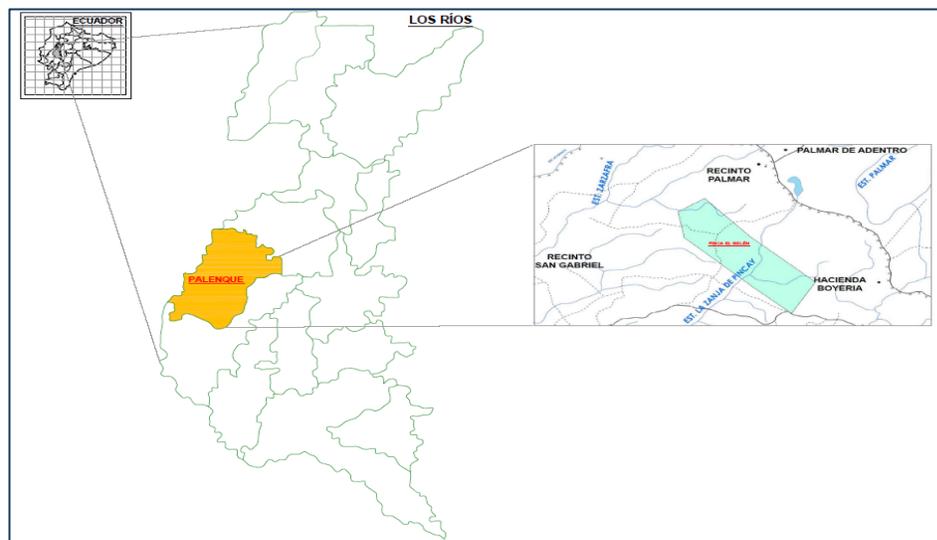


FIGURA 2:
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.2 Materiales

3.1.2 Materiales de Campo.

En la fase de campo se utilizaron los siguientes materiales:

- Machete.
- Pala.
- Barreta.
- Martillo.
- Cinta métrica.
- Flexómetro.
- Estacas.
- Candados Plásticos.
- GPS.
- Tablero.
- Fundas Plásticas.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica.
- Fundas de papel.
- Canecas.
- Pie de rey.

3.2.2. Materiales de Oficina.

En la fase de oficina se requirió de:

- Computadora (Microsoft Word, Excel, Power Point, programas estadísticos).
- Papel.
- Tinta.
- Cuaderno de campo.

3.3 Metodología.

La metodología utilizada en esta investigación se realizó en dos fases; la fase edáfica que consistió en muestreos, caracterización y descripción de perfiles de suelo; la fase de inventario consistió en la medición de las variables dasométricas de las plantas ubicadas en los diferentes tipos de Inceptisoles dentro del área de estudio. Una vez concluidas las fases edáficas y de inventario, se procedió a efectuar los respectivos análisis para realizar comparaciones e inferencias estadísticas y así determinar el mejor crecimiento de teca en diferentes tipos de suelo.

3.4 Fase edáfica

3.4.1 Caracterización e identificación de suelos de la Hacienda el Belén

La caracterización e identificación de los tipos de suelo se realizó de acuerdo con el sistema de taxonomía de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. SOIL TAXONOMY [6] y la guía para la descripción de suelos de la FAO [20].

3.4.2 Distribución y elaboración de calicatas.

En la distribución de calicatas se realizó un recorrido general por el predio observando sus principales rasgos fisiográficos (formas de relieve, Tipo de pendientes, vegetación, suelos, etc.). De este modo, considerando la fisiografía del terreno se establecieron y distribuyeron las calicatas homogéneamente en el terreno. Las calicatas se construyeron con las siguientes dimensiones; 1m de ancho por 1.50 m de largo y 1.50 m de profundidad (1.0 m x 1.5 m x 1.5 m) o hasta donde se encuentren capas duras y difíciles de penetrar. Una vez elaborada la calicata se procedió a pulir una de sus caras para la posterior descripción de los perfiles y diferenciación de horizontes, (Ver Figura 3).

3.4.3 Descripción de perfiles

Se realizó la descripción de las características físicas más relevantes como: textura, estructura, color, consistencia en seco y en húmedo, porosidad, tipos de moteados, afloramientos rocosos, adhesividad, plasticidad, compactación, profundidad de raíces, pedregosidad y límite del perfil respectivamente, utilizando la guía para la descripción de suelos [20]. (Ver Anexo 4).

3.4.4 Recolección de muestras de suelos

Se tomaron muestras de suelos de cada uno de los horizontes considerados como representativos y que conforman los diferentes perfiles del suelo. El peso aproximado de cada muestra fue de 1 Kg, que posteriormente fueron debidamente rotuladas y empacadas para su envío al laboratorio donde se sometieron a análisis físicos-químicos, los mismos que permitirán establecer las potencialidades del suelo, así como la respectiva clasificación taxonómica.

DISTRIBUCIÓN DE CALICATAS Y UNIDADES DE MUESTREO

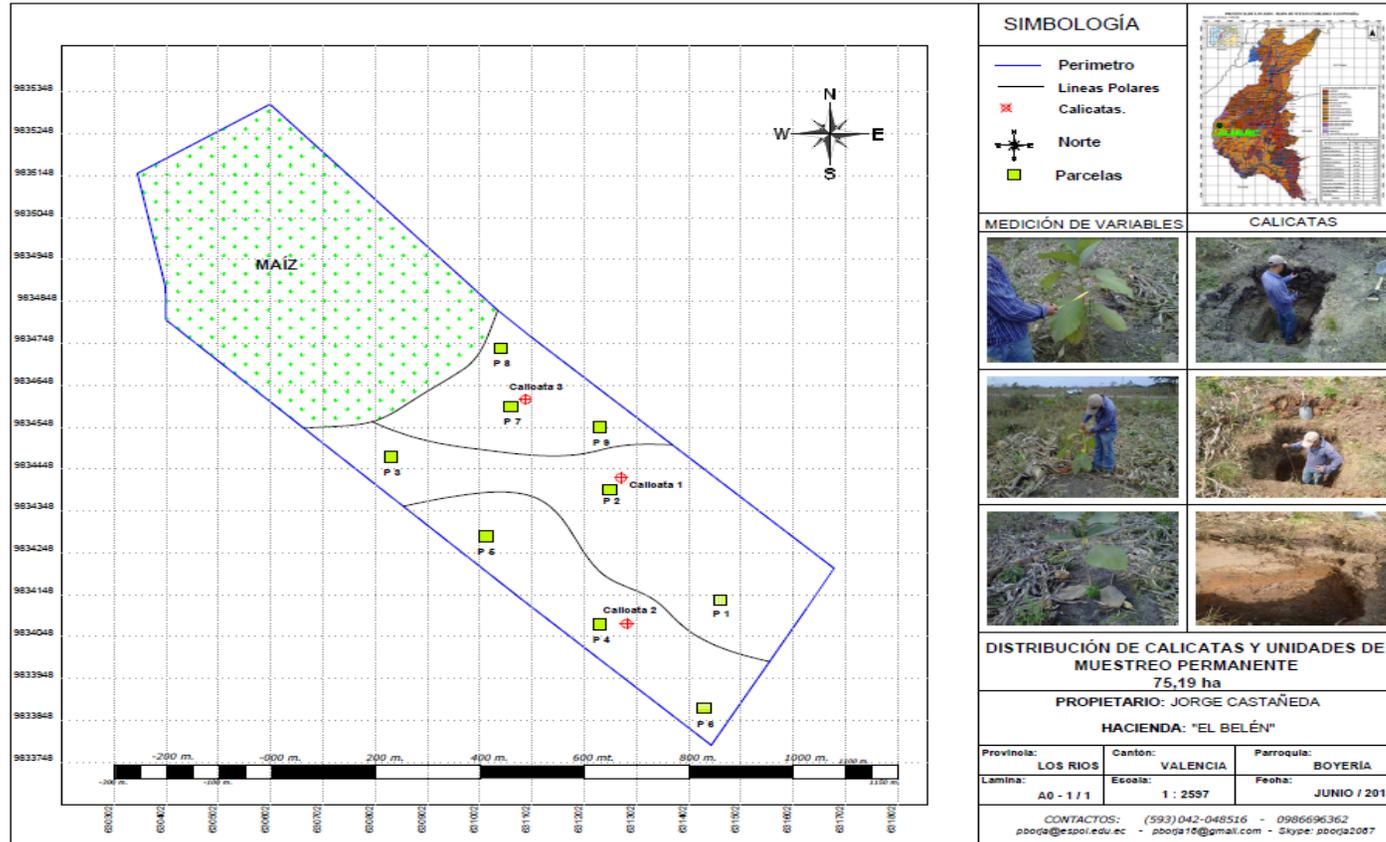


FIGURA 3:
DISTRIBUCIÓN DE CALICATAS Y UNIDADES DE MUESTREO PERMANENTE.

3.4.5 Determinación de propiedades físicas y químicas del suelo

Para la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo las muestras fueron llevadas a un laboratorio donde se determinaron los siguientes parámetros: pH, solución en agua, relación 1:2.5, método del potenciómetro; la conductividad eléctrica (CE) se determinó en la solución filtrada de pH, método electrométrico con el puente de Wheatstone.

Materia Orgánica (MO) calculado en base a $CO\% \times 1.724$; Nitrógeno con el método de digestión Microkjeldhal, valoración espectrofotométrica con reactivo Nessler; Fósforo asimilable (P) con el método de Olsem modificado (extractante bicarbonato de sodio 0.5 M.;

Para las bases Intercambiables se aplicó el método de extracción con acetato de amonio 1N., pH 7.0. La determinación de Sodio (Na) y Potasio (K) absorción atómica mientras que Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) valoración con EDTA método complexométrico.

La Capacidad de intercambio Catiónico se determinó utilizando el método de sustitución de Amonio (NH_4) por Sodio (Na), valorado en reacción del formaldehido con Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.2 N. ; Micronutrientes: Hierro, Manganeso, Zinc Y Cobre (Fe, Mn, Zn y Cu) método de Olsem Modificado , determinación en absorción atómica: La textura fue determinada mediante el método de Bouyoucos – R.R. Day; con dispersante sodio tripolifosfato al 5%, densímetro 152H.ST.

3.5 Fase de inventario

Para la generación de los datos en la fase de inventario, se procedió a instalar Unidades de muestreo Permanente (UMP) con una superficie de 400 m². Se instalaron 3 unidades de muestreo por tipo de suelo siendo en total 9 unidades de muestreo permanente. Cada Unidad de muestreo posee alrededor de 30 individuos.

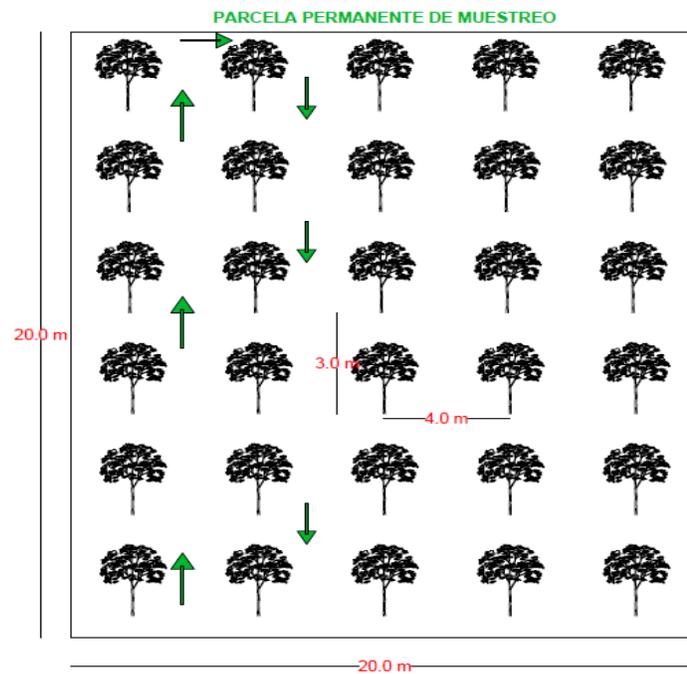


FIGURA 4:
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA UNIDAD DE MUESTREO
INSTALADA EN CAMPO.

3.5.1 Medición de variables

Las variables consideradas en este estudio fueron: Altura, diámetro, número de hojas, longitud de entrenudos, y profundidad de raíces, las cuales se detallan a continuación.

3.5.2 Altura

Para la estimación de la variable altura se utilizó un flexómetro, con el cual se procedió a medir el árbol de teca desde la superficie del suelo hasta la inserción de la hoja más tierna, (Ver Anexo 3).

3.5.3 Diámetro

La medición del diámetro en las plántulas de teca se realizó en la parte basal del tallo empleando un pie de rey (Calibrador), (Ver Anexo 3).

3.5.4 Número de hojas

Para establecer el número de hojas o emisión foliar se procedió a contabilizar el total de hojas en la primera evaluación, luego se procedió a marcar la última hoja emitida, de este modo, en la siguiente evaluación se contabilizaban las hojas emitidas a partir de la hoja marcada. Este procedimiento se realizó durante los 6 meses de evaluación, (Ver Anexo 3).

3.5.5 Longitud de entrenudos

Para obtener la longitud de los entrenudos se consideró el último brote emitido por la planta, en el cual se procedió a medir el entrenudo con un flexómetro, (Ver Anexo 3).

3.5.6 Profundidad de raíces

Para estimar la profundidad de las raíces, se eligieron tres plantas al azar por Unidad de muestreo. El procedimiento en la extracción de las plantas consistió en la elaboración de un hoyo (tipo mini-calicata) de profundidad variable, en el cual se procedió a llenar con agua para soltar el suelo y evitar que se rompan las raíces en el momento de la extracción. Una vez retirada la planta del sitio se estimó la respectiva penetración de las raíces en el suelo (Ver Anexo 4).

Además, se realizó un análisis de correlación de Pearson para comprobar si existe relación entre las variables altura de planta y profundidad de raíces.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fase Edáfica

Los resultados obtenidos en la fase edáfica proceden de la evaluación de los perfiles de suelo y del análisis de propiedades físicas - químicas de los horizontes caracterizados en cada calicata, donde se determinaron tres tipos de suelo del Orden Inceptisol, las cuales se resumen en el siguiente cuadro:

TABLA 6:
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LOS SUELOS
DESARROLLADOS EN LA HACIENDA EL BELÉN.

Clasificación taxonómica	Horizontes	Profundidad (cm)	Colores Munsell	
Typic Haplustepts Clay	Ap	0 - 50	Pardo	10 YR 4/3
	Bt	50 -81	Pardo Amarillento	10 YR 5/4
	Bw	81 - 120	Pardo Amarillento	10YR 5/6
Typic Haplustepts Loam	Ap	0 - 39	Pardo	10YR 4/3
	Bw ₁	39 - 110	Pardo Amarillento	10YR 5/4
	Bw ₂	110 - 130	Pardo Amarillento Oscuro	10YR 4/4
Typic Haplustepts Mixed	Ap	0 - 37	Gris Claro	10YR 7/2
	Bt	37 - 69	Pardo Grisáceo Oscuro	10YR 4/2
	Bw	69 - 115	Pardo Amarillento	7.5YR 5/6

Nomenclatura: Ap, Antrópico; Bt, Acumulación de Arcilla; Bw, Desarrollo de color o estructura;

Mediante el análisis de las propiedades químicas realizado se logró determinar las principales características para cada tipo de suelo, los cuales cada uno conforma a un tratamiento del estudio. El Tratamiento 1 - T1 (Typic Haplustepts Clay) presentó valores de pH entre 6,60 y 7,05 en todo el perfil de suelo estudiado, mientras que el Tratamiento 2 - T2 (Typic Haplustepts Loam) mostró valores de pH más ácidos (6,02 – 6,65) que el T1. Sin embargo en el Tratamiento 3 - T3 (Typic Haplustepts Mixed) se encontraron valores de pH entre 5,74 y 6,41. (Ver en Anexo 6), los resultados del análisis químico.

Todos los valores de pH determinados en los suelos de la Hacienda El Belén son similares a los reportados por Lamprecht (1990) [21], y Briscoe (1995), [14], quienes mencionan que la teca se desarrolla mejor en suelos profundos y con pH ligeramente ácidos o neutros. Resultados similares mencionan Briscoe (1995) [14] y Bacilieri et al (1998) [22].

De la misma forma, se determinaron las características físicas de cada Tratamiento. El Tratamiento 1 - T1 (Typic Haplustepts Clay) presentó texturas finas a ligeramente medias tales como Arcilla pesada y suelo franco en todo el perfil de suelo. El Tratamiento 2 - T2 (Typic Haplustepts Loam) presentó texturas finas a ligeramente gruesas Tales como Arcilla pesada, suelo Franco y suelo Franco Arenoso.

El Tratamiento 3 - T3 (Typic Haplustepts Mixed) presentó texturas medias a finas Tales como Franco-Arcillosa, Arcilla y Arcilla pesada. Ver en (Anexo 7) las propiedades físicas de cada tratamiento.

4.1.1 Descripción de perfiles

En la descripción de perfiles, se determinaron características morfológicas y físicas de cada horizonte de suelo que lo componen. Ver en (Anexos 9 – 10 – 11) la respectiva descripción de los perfiles.

4.2. Fase de Inventario

En la fase de inventario se evaluaron las variables: Altura de planta, diámetro de fuste, longitud de entrenudos, número de hojas y profundidad de raíces para cada tratamiento

Los datos de cada variable fueron tabulados y analizados mediante el uso de los software Microsoft Office Excel y SPSS versión 19, los cuales permitieron realizar análisis de ANOVA, Test de homogeneidad de varianzas, correlación de Pearson y pruebas de Tukey con un 95% de confianza.

Las pruebas estadísticas fueron realizadas con el fin de aceptar o rechazar la hipótesis nula.

Hipótesis Nula (H_0): $\mu_1 T_1 = \mu_2 T_2 = \mu_3 T_3$

Hipótesis Alternativa (H_a): $\mu_1 T_1 \neq \mu_2 T_2 \neq \mu_3 T_3$

Altura de Planta

Se encontraron diferencias significativas para la variable altura de planta durante los 6 meses de evaluación en campo. En la figura 5 se observa que desde el inicio de la evaluación, el Tratamiento 3 – T3 (suelo Typic Haplustepts Mixed) muestra mayor crecimiento con un promedio (90,33 cm) en el sexto mes de evaluación. Sin embargo, en el último periodo de evaluación el Tratamiento 2 – T2 (suelo Typic Haplustepts Loam) y el tratamiento 3 – T3 (suelo Typic Haplustepts Mixed) son estadísticamente iguales. El crecimiento en altura de la teca es inferior a lo reportado por El Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE, 1997) [23], (Citado por Pérez, 2009) [24] , reporta crecimiento en altura de planta mínimo de 180 cm año⁻¹ y máximos de 340 cm año⁻¹.

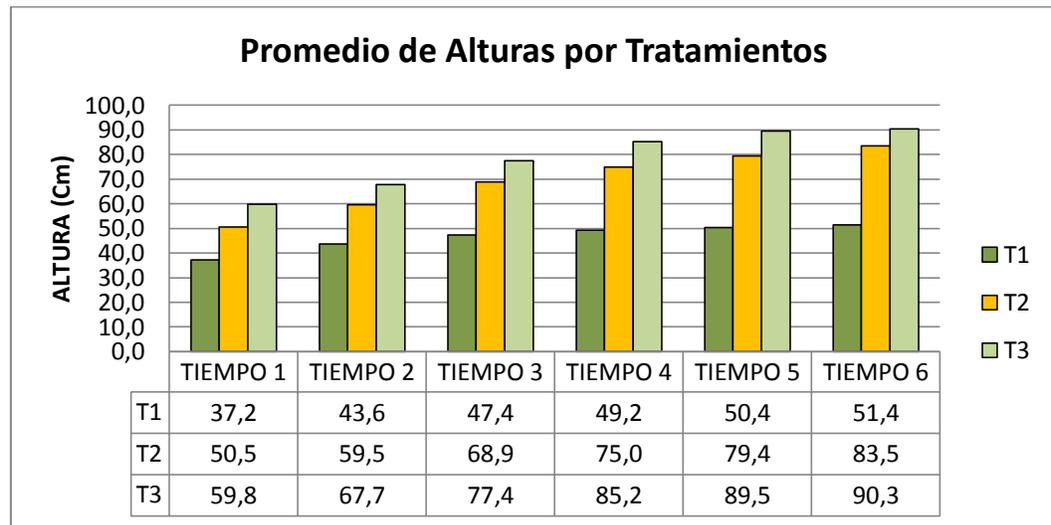


FIGURA 5:
ALTURA PROMEDIO POR TRATAMIENTOS.

Por otro lado, el análisis de ANOVA demostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos de la variable “Altura de plantas”, en cada etapa o periodo de evaluación, por lo cual se rechaza la hipótesis Nula y se acepta la hipótesis alterna ya que el valor de significancia obtenido es menor a 0,05 tal como se muestra en el siguiente cuadro.

TABLA 7:
ANÁLISIS DE ANOVA PARA LA VARIABLE “ALTURA DE PLANTA”

ANOVA DE ALTURA DE PLANTA						
TIEMPOS	ANÁLISIS	SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIG.
1	Inter-grupos	23182,757	2	11591,379	62,082	,000
	Intra-grupos	49105,292	263	186,712		
	Total	72288,049	265			
2	Inter-grupos	27004,503	2	13502,252	50,421	,000
	Intra-grupos	70429,091	263	267,791		
	Total	97433,595	265			
3	Inter-grupos	42952,603	2	21476,302	52,74	,000
	Intra-grupos	107095,467	263	407,207		
	Total	150048,07	265			
4	Inter-grupos	61809,048	2	30904,524	59,427	,000
	Intra-grupos	136770,036	263	520,038		
	Total	198579,084	265			
5	Inter-grupos	73910,501	2	36955,251	60,07	,000
	Intra-grupos	161798,454	263	615,203		
	Total	235708,955	265			
6	Inter-grupos	77547,125	2	38773,562	55,395	,000
	Intra-grupos	184085,034	263	699,943		
	Total	261632,159	265			

El test de homogeneidad de varianzas demostró que no existen diferencias entre las varianzas de cada tratamiento en los diferentes periodos de evaluación, lo que permite utilizar el test de Tukey como una prueba de múltiple comparación y así poder determinar cuáles son los tratamientos estadísticamente iguales o diferentes. (Ver Cuadro 8).

El análisis de comparación múltiple de Tukey se realizó con un nivel de confianza del 95 %, en donde se logró determinar que el tratamiento 3 – T3 (Suelo typic Haplustepts Mixed) es el mejor en todos los tiempos de evaluación para la variable altura de plantas. Sin embargo el tratamiento 2 – T2 (Suelo typic Haplustepts Loam) es estadísticamente igual al tratamiento 3 – T3 (Suelo Typic Haplustepts Mixed) en el último periodo de evaluación. El siguiente cuadro muestra el resumen del análisis realizado

TABLA 8:
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA PARA LA VARIABLE
“ALTURA DE PLANTA”

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS				
ALTURA DE PLANTA				
	ESTADÍSTICO DE LEVENE	GL1	GL2	SIG.
TIEMPO 1	0,813	2	263	0,445
TIEMPO 2	1,623	2	263	0,199
TIEMPO 3	1,968	2	263	0,142
TIEMPO 4	3,268	2	263	0,04
TIEMPO 5	2,291	2	263	0,103
TIEMPO 6	2,131	2	263	0,121

TABLA 9:
ANÁLISIS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE TUKEY PARA LA
VARIABLE “ALTURA DE PLANTA”

TIEMPO 1	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^{a,b}	1	90	37,21		
	2	86		50,55	
	3	90			59,79
	Sig.		1,000	1,000	1,000
TIEMPO 2	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
HSD de Tukey ^{a,b}	1	90	43,61		
	2	86		59,52	
	3	90			67,71
	Sig.		1,000	1,000	1,000
TIEMPO 3	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
HSD de Tukey ^{a,b}	1	90	47,42		
	2	86		68,92	
	3	90			77,42
	Sig.		1,000	1,000	1,000
TIEMPO 4	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
HSD de Tukey ^{a,b}	1	90	49,18		
	2	86		75,01	
	3	90			85,16
	Sig.		1,000	1,000	1,000
TIEMPO 5	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
HSD de	1	90	50,42		

Tukey^{a,b}	2	86		79,39
	3	90		89,50
	Sig.		1,000	1,000 1,000
Subconjunto para alfa = 0.05				
TIEMPO 6	TRATAMIENTOS	N	1	2
	1	90	51,39	
HSD de	2	86		83,52
Tukey^{a,b}	3	90		90,332
	Sig.		1,000	,202

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 88,626.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Los resultados encontrados en esta investigación describen que el crecimiento de teca es mejor en el Tratamiento 3 - T3 y representa a un tipo de suelo del Orden Inceptisol clasificado como Typic Haplustepts Mixed, que se caracteriza por tener texturas franco arcillosas y arcillosas en casi todo el perfil con coloraciones rojizas a grises y un pH promedio de 6,5. Estos resultados coinciden con los reportados por Alvarado y Falla (2004) [25], donde mencionan que el crecimiento de teca en suelos ácidos de Costa Rica clasificados como Typic Hapludepts es mejor en condiciones de pH mayores a 6 en plantaciones de menos de 5 años de edad.

Por otro lado, Calvo et al (2008) [26], mencionan que la teca obtuvo un buen crecimiento inicial en un Inceptisol clasificado como Fluventic Eutropept que se caracteriza por tener textura franca con alta fertilidad, y propiedades físicas químicas óptimas para el desarrollo de los cultivos.

Diámetro de fuste

En cuanto a la variable “Diámetro de fuste”, se encontraron diferencias significativas durante los 6 meses de evaluación en campo. En la figura 6 se observa que desde el inicio de la evaluación el tratamiento 2 – T2 (Suelo Typic Haplustepts Loam) y el Tratamiento 3 (Suelo Typic Haplustepts Mixed) son estadísticamente iguales con diámetros promedios finales de 3,24 cm y 3,07 cm respectivamente.

El tratamiento 1 – T1 (Suelo Typic Haplustepts Clay) es diferente del tratamiento 2 y 3 obteniendo un crecimiento en diámetro de 2,13 cm. El crecimiento en diámetro de la teca encontrado en esta investigación para el tratamiento 1, es inferior a lo reportado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, 1997) [23], que reporta un crecimiento de $3,22 \text{ cm año}^{-1}$, mientras que para el Tratamiento 2 y 3 el

crecimiento es similar. De la misma forma, Vargas et al., (2007) [27], reporta un crecimiento en diámetro de $2,7 \text{ año}^{-1}$.

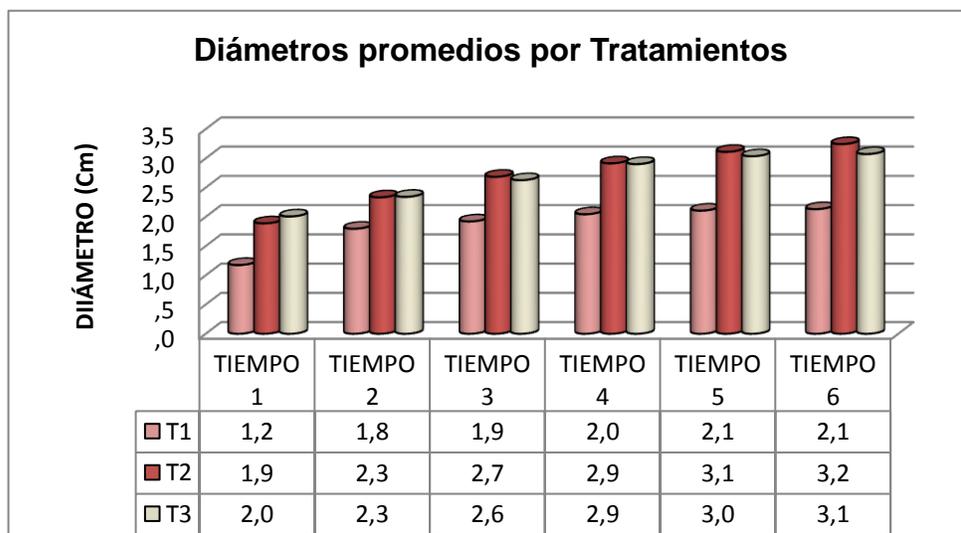


FIGURA 6:

DIAGRAMA DE BARRAS DE DIÁMETROS PROMEDIO POR TRATAMIENTOS EN CADA PERIODO DE EVALUACIÓN.

Por otra parte, mediante el análisis de ANOVA se pudo determinar que existen diferencias entre tratamientos por cada periodo de evaluación ya que el valor de significancia fue menor de 0,05 por lo tanto, se rehaza la hipótesis Nula y aceptamos la Hipótesis Alternativa. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

TABLA 10:
**ANÁLISIS DE ANOVA PARA LA VARIABLE “DIÁMETRO
 DE FUSTE”**

ANOVA (DIAMTERO DE FUSTE)						
		SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRATICA	F	SIG.
TIEMPO 1	Inter-grupos	36,224	2	18,112	133,752	,000
	Intra-grupos	35,614	263	,135		
	Total	71,839	265			
TIEMPO 2	Inter-grupos	17,456	2	8,728	46,900	,000
	Intra-grupos	48,945	263	,186		
	Total	66,401	265			
TIEMPO 3	Inter-grupos	32,229	2	16,115	78,933	,000
	Intra-grupos	53,692	263	,204		
	Total	85,922	265			
TIEMPO 4	Inter-grupos	44,466	2	22,233	93,685	,000
	Intra-grupos	62,414	263	,237		
	Total	106,880	265			
TIEMPO 5	Inter-grupos	55,955	2	27,977	106,419	,000
	Intra-grupos	69,142	263	,263		
	Total	125,097	265			
TIEMPO 6	Inter-grupos	63,930	2	31,965	109,406	,000
	Intra-grupos	76,840	263	,292		
	Total	140,770	265			

Una vez realizado el test de homogeneidad de varianzas se logró demostrar que no existen diferencias entre las varianzas de cada tratamiento ya que el valor de significancia obtenido fue mayor a 0,05, por lo tanto, permite utilizar el test de Tukey como una prueba de múltiple comparación y así determinar cuáles de los tratamientos son estadísticamente iguales o diferentes.

TABLA 11:
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA PARA LA
VARIABLE “DIÁMETRO DE FUSTE”.

PRUEBA DE HOMNOGENEIDAD DE VARIANZA				
DIAMETRO DE FUSTE				
	ESTADISTICO DE LEVENE	GL1	GL2	SIG.
TIEMPO 1	3,795	2	263	,024
TIEMPO 2	2,290	2	263	,103
TIEMPO 3	,909	2	263	,404
TIEMPO 4	,291	2	263	,748
TIEMPO 5	,371	2	263	,690
TIEMPO 6	,281	2	263	,755

El análisis de comparación múltiple de Tukey se realizó con un nivel de confianza del 95 %, donde se determinó que el Tratamiento 2 – T2 (Suelo Typic Haplustepts Loam) y el Tratamiento 3 – T3 (Suelo Typic Haplustepts mixed) son los mejores y estadísticamente iguales para la variable “Diámetro de fuste”. En el siguiente cuadro se muestra el resumen del análisis.

TABLA 12:
ANÁLISIS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE TUKEY
PARA LA VARIABLE “DIÁMETRO DE FUSTE”.

TIEMPO 1			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	90	1,17	
Tukey ^a ,b	2	86		1,89
	3	90		2,01
	Sig.		1,000	,084
TIEMPO 2			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	90	1,80	
Tukey ^a ,b	2	86		2,33
	3	90		2,34
	Sig.		1,000	,990
TIEMPO 3			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	90	1,92	
Tukey ^a ,b	3	90		2,63
	2	86		2,68
	Sig.		1,000	,668
TIEMPO 4			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	90	2,04	
Tukey ^a ,b	3	90		2,90
	2	86		2,91
	Sig.		1,000	,983
TIEMPO 5			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	90	2,10	
Tukey ^a ,b	3	90		3,03
	2	86		3,11
	Sig.		1,000	,586
			Subconjunto para alfa = 0.05	
TIEMPO 6	TRATAMIENTOS	N	1	2

HSD de	1	90	2,13	
Tukey ^{a,b}	3	90		3,07
	2	86		3,24
	Sig.		1,000	,091

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 88,626.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Longitud de entrenudos.

En la variable “longitud de entrenudos” se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. En la Figura 7, se observa que en el primer periodo de evaluación los tratamientos 1 y 2 son iguales y el tratamiento 3 es diferente. A partir de la segunda hasta la última evaluación los tratamientos 2 y 3 son iguales con longitud de entrenudos finales de 5,65cm y 5,63 cm respectivamente.

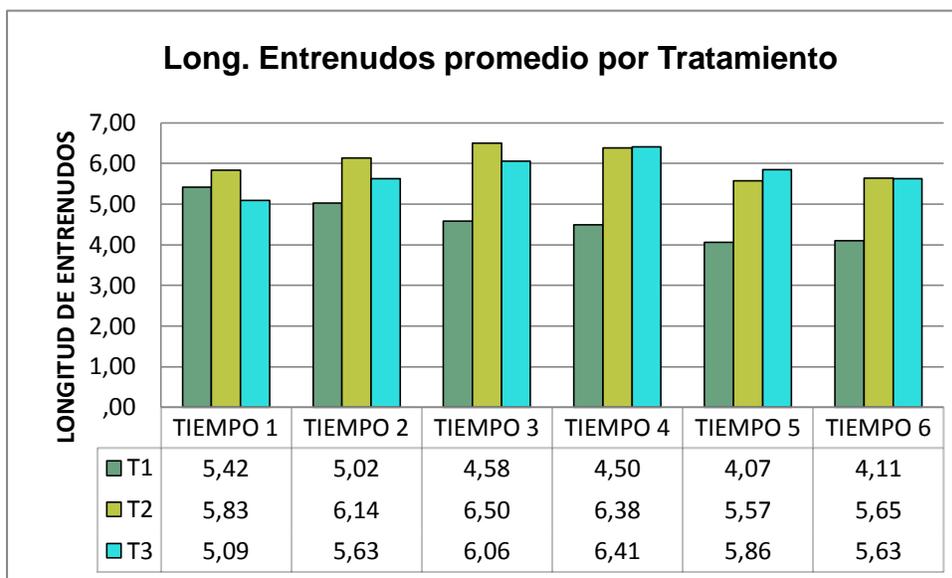


FIGURA 7:

**LONGITUD DE ENTRENUDOS PROMEDIO POR TRATAMIENTO EN
CADA PERIODO DE EVALUACIÓN.**

En el cuadro 12 se muestra el análisis de varianza para la variable “Longitud de entrenudos” el cual refleja que existen diferencias significativas entre Tratamientos para cada periodo de evaluación.

TABLA 13:
ANÁLISIS DE ANOVA PARA LA VARIABLE “LONGITUD DE ENTRENUDOS”.

ANOVA (LONGITUD DE ENTRENUDOS)						
		SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIG.
TIEMPO 1	Inter-grupos	24,290	2	12,145	5,786	,003
	Intra-grupos	552,060	263	2,099		
	Total	576,350	265			
TIEMPO 2	Inter-grupos	54,927	2	27,463	4,808	,009
	Intra-grupos	1502,172	263	5,712		
	Total	1557,098	265			
TIEMPO 3	Inter-grupos	179,447	2	89,723	17,975	,000
	Intra-grupos	1312,792	263	4,992		
	Total	1492,239	265			
TIEMPO 4	Inter-grupos	214,841	2	107,420	13,102	,000
	Intra-grupos	2156,303	263	8,199		
	Total	2371,144	265			
TIEMPO 5	Inter-grupos	165,565	2	82,782	12,328	,000
	Intra-grupos	1766,104	263	6,715		
	Total	1931,668	265			
TIEMPO 6	Inter-grupos	139,867	2	69,934	11,512	,000
	Intra-grupos	1597,629	263	6,075		
	Total	1737,496	265			

Como se observa en el cuadro 13, no existen diferencias entre las varianzas de cada tratamiento para los tiempos o periodos (2, 4, y 5) ya que su valor de significancia es mayor a 0,05.

TABLA 14:
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA PARA LA
VARIABLE “LONGITUD DE ENTRENUDOS”

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA

Entrenudos				
	ESTADISTICO DE LEVENE	GL1	GL2	SIG.
TIEMPO 1	6,633	2	263	,002
TIEMPO 2	1,599	2	263	,204
TIEMPO 3	3,187	2	263	,043
TIEMPO 4	2,477	2	263	,086
TIEMPO 5	2,197	2	263	,113
TIEMPO 6	5,389	2	263	,005

De igual forma, al realizar la prueba de Tukey para la variable “Longitud de entrenudos, se logró determinar que existen diferencias entre los tratamientos. Además, se observa que el Tratamiento 2 – T2 (Suelo Typic Haplustepts Loam) y el Tratamiento 3 – T3 (Suelo Typic Haplustepts Mixed) son estadísticamente iguales en cada etapa o periodo de evaluación, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

TABLA 15:
ANÁLISIS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE TUKEY
PARA LA VARIABLE “LONGITUD DE ENTRENUDOS”.

TIEMPO 1			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	3	90	5,09	
Tukey ^a ,b	1	90	5,42	5,42
	2	86		5,83
	Sig.		,273	,150
TIEMPO 2			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	90	5,02	
Tukey ^a ,b	3	90	5,63	5,63
	2	86		6,14
	Sig.		,209	,337
TIEMPO 3			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	90	4,58	
Tukey ^a ,b	3	90		6,06
	2	86		6,50
	Sig.		1,000	,392
TIEMPO 4			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	90	4,50	
Tukey ^a ,b	2	86		6,38
	3	90		6,41
	Sig.		1,000	,999
TIEMPO 5			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	90	4,07	
Tukey ^a ,b	2	86		5,57
	3	90		5,86
	Sig.		1,000	,743
TIEMPO 6			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2

HSD de	1	90	4,11	
Tukey ^{a,b}	3	90		5,63
	2	86		5,65
	Sig.		1,000	,999

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 88,626.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Número de hojas.

El análisis descriptivo para la variable “Número de Hojas” demostró que al menos uno de los tratamientos es diferente en los primeros cuatro periodos de evaluación, mientras que en los dos últimos tiempos de evaluación todos los tratamientos son iguales, tal como se muestra en el siguiente diagrama de barras.

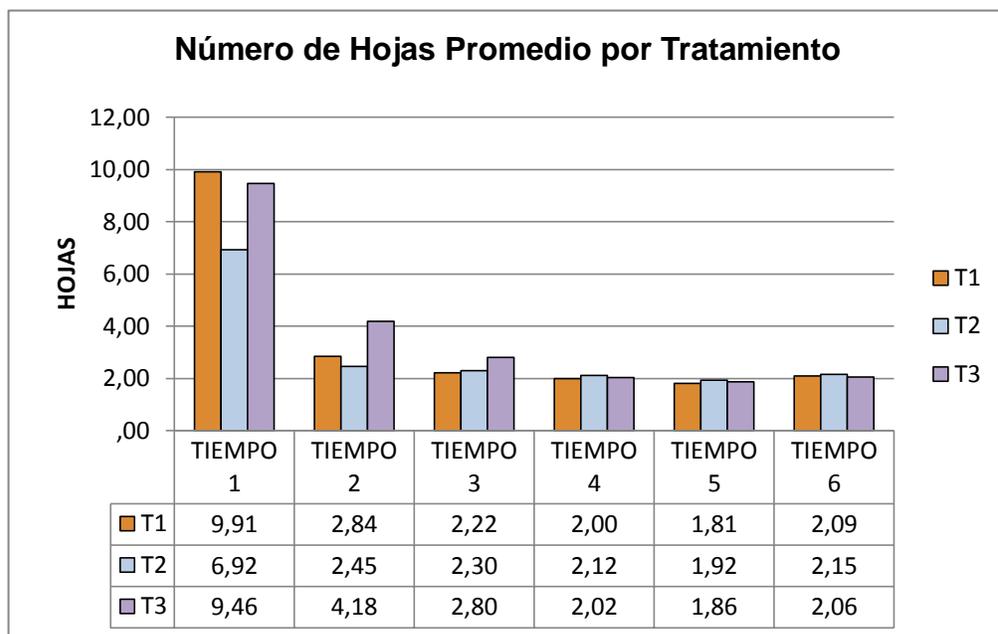


FIGURA 8:

NÚMERO DE HOJAS PROMEDIO POR TRATAMIENTO

Mediante el análisis de ANOVA se logró demostrar que existen diferencias significativas entre tratamientos en los primeros cuatro periodos de evaluación, mientras que para el quinto y sexto periodo de evaluación no existen diferencias significativas en la variable “Número de Hojas”, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

TABLA 16:
ANÁLISIS DE ANOVA PARA LA VARIABLE “NÚMERO DE HOJAS”.

ANOVA						
TIEMPOS	ANÁLISIS	SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIG.
TIEMPO 1	Inter-grupos	454,335	2	227,167	54,313	,000
	Intra-grupos	1095,831	262	4,183		
	Total	1550,166	264			
TIEMPO 2	Inter-grupos	145,095	2	72,548	53,253	,000
	Intra-grupos	358,292	263	1,362		
	Total	503,387	265			
TIEMPO 3	Inter-grupos	16,051	2	8,025	11,475	,000
	Intra-grupos	159,456	228	,699		
	Total	175,506	230			
TIEMPO 4	Inter-grupos	,636	2	,318	3,476	,032
	Intra-grupos	22,792	249	,092		
	Total	23,429	251			
TIEMPO 5	Inter-grupos	,254	2	,127	,407	,667
	Intra-grupos	43,464	139	,313		
	Total	43,718	141			
TIEMPO 6	Inter-grupos	,180	2	,090	,342	,711
	Intra-grupos	24,789	94	,264		
	Total	24,969	96			

Como se muestra en el Cuadro 17 existen diferencias entre las varianzas de cada tratamiento para los tiempos o periodos (1, 2, 3, 4, 5), ya que su valor de significancia es menor a 0,05.

TABLA 17:
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA PARA LA
VARIABLE “NÚMERO DE HOJAS”.

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS				
HOJAS				
	ESTADISTICO DE LEVENE	GL1	GL2	SIG.
TIEMPO 1	6,596	2	262	,002
TIEMPO 2	5,171	2	263	,006
TIEMPO 3	38,634	2	228	,000
TIEMPO 4	15,085	2	249	,000
TIEMPO 5	5,308	2	139	,006
TIEMPO 6	,507	2	94	,604

El análisis de múltiple comparación de Tukey para la variable “Número de hojas”, se realizó con un nivel de confianza del 95 %, el cual demostró que los Tratamientos T1 (Typic Haplustepts Clay) y T3 (Typic Haplustepts Mixed) son estadísticamente iguales para el primer tiempo o periodo de evaluación. Por otro lado, para el segundo y tercer tiempo o periodo de evaluación los Tratamientos T1 (Typic Haplustepts Clay) y T2 (Typic Haplustepts Loam) son estadísticamente iguales, mientras que el Tratamiento T3 es diferente. Sin embargo, en el quinto y sexto periodo de evaluación no existen diferencias significativas entre Tratamientos.

TABLA 18:
ANÁLISIS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE TUKEY PARA LA VARIABLE
“NÚMERO DE HOJAS”.

TIEMPO 1			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	2	86	6,92	
Tukey ^a ,b	3	89		9,46
	1	90		9,91
	Sig.		1,000	,310
TIEMPO 2			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	2	86	2,45	
Tukey ^a ,b	1	90	2,84	
	3	90		4,18
	Sig.		,068	1,000
TIEMPO 3			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	63	2,22	
Tukey ^a ,b	2	81	2,30	
	3	87		2,80
	Sig.		,849	1,000
TIEMPO 4			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	77	2,00	
Tukey ^a ,b	3	89	2,02	2,02
	2	86		2,12
	Sig.		,881	,113
TIEMPO 5			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	1	32	1,81	
Tukey ^a ,b	3	58	1,86	
	2	52	1,92	
	Sig.		,622	
TIEMPO 6			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	1	2
HSD de	3	35	2,06	

Tukey ^a ,b	1	23	2,09
	2	39	2,15
	Sig.		,742

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 88,626.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Profundidad de raíces.

En la variable “Profundidad de Raíces” se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. En la figura 9, se observa que en el tratamiento 1, tipo de suelo caracterizado como (Typic Haplustepts Clay) el crecimiento radicular es menor (36,78 cm), mientras que los tratamientos 2 (Typic Haplustepts Loam) y 3 (Typic Haplustepts Mixed) presentaron mayor crecimiento radicular 64,44 cm y 68,33 cm respectivamente en 6 meses. Los resultados obtenidos en esta investigación en cuanto a la variable profundidad de raíces son similares a los reportados por (Guarnizo y Palacios, 2007) [28], quienes mencionan que la teca obtuvo un crecimiento radicular de 52 cm a los 9 meses de edad.

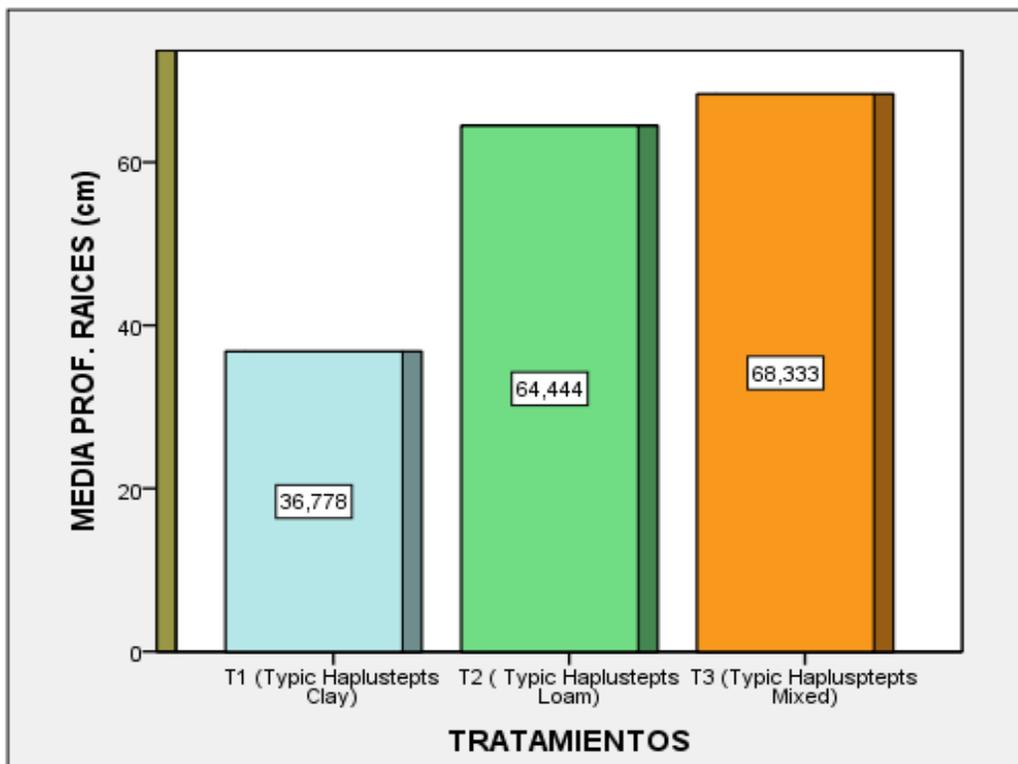


FIGURA 9:
PROFUNDIDAD DE RAÍCES PROMEDIO POR
TRATAMIENTO.

Por otro lado, mediante el análisis de ANOVA se logró determinar que existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que el nivel de significancia fue menor de 0,05, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

TABLA 19:
ANÁLISIS DE ANOVA PARA LA VARIABLE
“PROFUNDIDAD DE RAÍCES”.

ANOVA (PROFUNDIDAD DE RAÍCES)

	SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIG.
Inter-grupos	5328,963	2	2664,481	19,251	,000
Intra-grupos	3321,778	24	138,407		
Total	8650,741	26			

En el Cuadro 19 se observa la diferencia que existe entre las varianzas de cada Tratamiento ya que su valor de significancia es menor de 0,05.

TABLA 20:
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA PARA LA
VARIABLE “PROFUNDIDAD DE RAÍCES”.

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA

PROFUNDIDAD DE RAÍCES (cm)			
ESTADÍSTICO DE LEVENE	GL1	GL2	SIG.
4,518	2	24	,022

Al realizar el análisis de múltiple comparación de Tukey para la variable “Profundidad de Raíces”, se logró demostrar que los Tratamientos T2 (Typic Haplustepts Loam) y T3 (Typic Haplustepts Mixed) son estadísticamente iguales, mientras que el Tratamiento T1 (Typic Haplustepts Clay) es diferente.

**TABLA 21:
ANÁLISIS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE TUKEY
PARA LA VARIABLE “PROFUNDIDAD DE RAÍCES”.**

		Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTOS	N	
HSD de Tukey ^a			1 2
	1	9	36,78
	2	9	64,44
	3	9	68,33
	Sig.		1,000 ,765

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000.

Por otro lado, mediante el análisis de Correlación de Pearson se logró determinar que existe una correlación positiva entre las variables “Altura de Plantas” Vs “Profundidad de Raíces” entre cada Tratamiento, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

TABLA 22:
CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES ALTURA DE
PLANTA Y PROFUNDIDAD DE RAÍCES PARA EL TRATAMIENTO 1
T1.

CORRELACIÓN DE PEARSON				
		ALTURA	PROF_RAICES (cm)	
T1 TYPIC HAPLUSTEPTS CLAY	ALTURA	Correlación de Pearson	1	,739**
		Sig. (bilateral)		,023
		N	9	9
	PROF_RAICES (cm)	Correlación de Pearson	,739**	1
		Sig. (bilateral)	,023	
		N	9	9

**.

La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Al relacionar las variables “Altura de plantas” y “Profundidad de raíces” para el Tratamiento 1 – T1 (Typic Haplustepts Clay) se logró evidenciar que existe una relación positiva moderada entre ambas variables con un R^2 de 0.546.

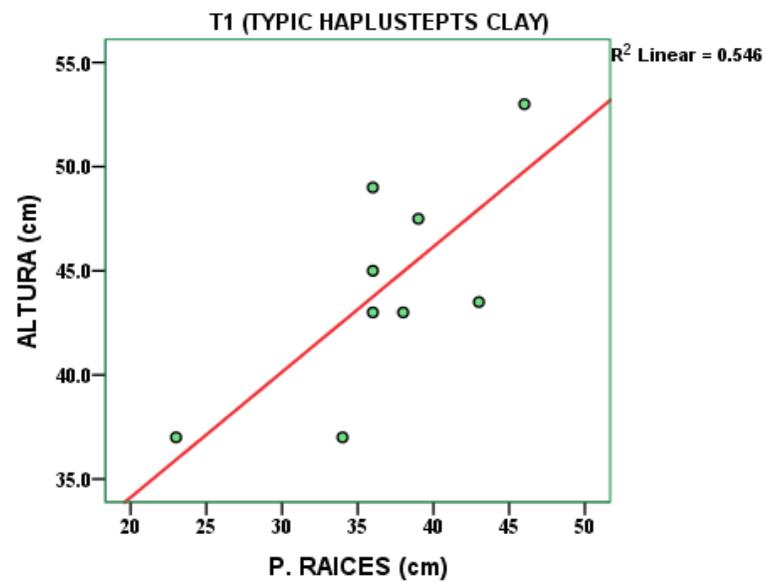


FIGURA 10:
RELACIÓN ENTRE ALTURA DE PLANTA Y PROFUNDIDAD DE RAÍCES PARA EL TRATAMIENTO 1 – T1 (TYPIC HAPLUSTEPTS CLAY).

De la misma forma que en el Tratamiento 1 - T1, para el tratamiento 2 - T2, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las variables Altura de plantas y Profundidad de raíces.

TABLA 23:
CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES ALTURA DE PLANTA Y PROFUNDIDAD DE RAÍCES PARA EL TRATAMIENTO 2 T2.

			ALTURA	PROF_RAICES (cm)
T2 TYPIC HAPLUSTEPTS LOAM	ALTURA	Correlación de Pearson	1	,949**
		Sig. (bilateral)		,000
		N	9	9
	PROF_RAICES (cm)	Correlación de Pearson	,949**	1
		Sig. (bilateral)	,000	
		N	9	9

*

*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La relación entre las variables “Altura de planta” y “Profundidad de raíces” para el Tratamiento 2 (Typic Haplustepts Loam), presentó una correlación positiva con un R^2 de 0.900. (Ver Figura # 11). Estos resultados conllevan a sugerir que las características físico – químicas del Tratamiento 2 son muy buenas para el crecimiento de teca.

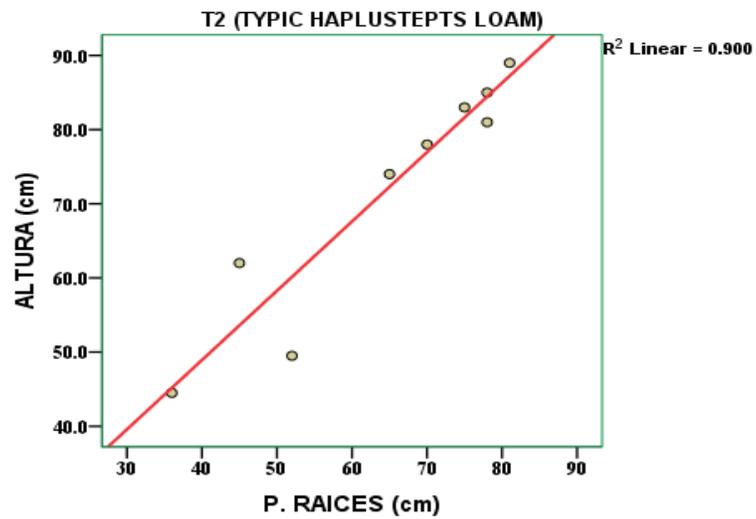


FIGURA 11:
RELACIÓN ENTRE ALTURA DE PLANTA Y PROFUNDIDAD DE
RAÍCES PARA EL TRATAMIENTO 2 – T2
(TYPIC HAPLUSTEPTS LOAM).

TABLA 24:
CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES ALTURA DE PLANTA Y
PROFUNDIDAD DE RAÍCES PARA EL TRATAMIENTO 3 – T3.

		CORRELACIÓN DE PEARSON		
		ALTURA	PROF_RAICES_cm	
T3 (TYPIC HAPLUSTEPTS MIXED)	ALTURA	Correlación de Pearson	1	,985**
		Sig. (bilateral)		.000
		N	9	9
	PROF_RAICES_cm	Correlación de Pearson	,985**	1
		Sig. (bilateral)	.000	
		N	9	9

**

La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

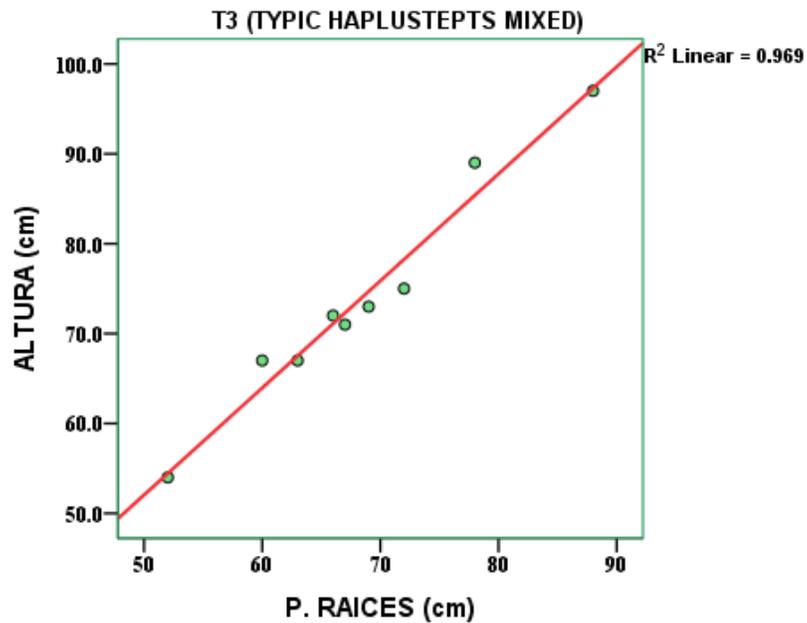


FIGURA 12:
RELACIÓN ENTRE ALTURA DE PLANTA Y PROFUNDIDAD DE RAÍCES
PARA EL TRATAMIENTO 3 (TYPIC HAPLUSTEPTS MIXED).

Los resultados muestran una relación positiva entre las variables “Altura de planta” y “Profundidad de raíces” en el Tratamiento 3 (Typic Haplustepts Mixed) con un R^2 de 0.97. Esta clase de suelo ha presentado mayor correlación entre las variables Altura Vs Profundidad de raíces para esta especie, la figura 12 muestra una tendencia creciente para las dos variables.

A partir de las variables evaluadas (Altura, Diámetro, Longitud de entrenudos, Número de hojas y Profundidad de raíces) en esta investigación para cada tipo de suelo, se presentan los resultados finales para cada variable en estudio (Ver Cuadro 25). Los Valores obtenidos demuestran que los mejores crecimientos de dieron en los tipos de suelos caracterizados como **Typic Haplustepts Loam** y **Typic Haplustepts Mixed** en los 6 meses de evaluación, con crecimientos promedios en Altura de 83,52 cm y 90, 33 cm respectivamente, diámetros entre 3,24 y 3,07 cm, entrenudos entre 5,65 y 5,63 cm, promedio de 2 hojas por árbol y un crecimiento radicular promedio de 64,44 para el suelo **Typic Haplustepts Loam** y 68,33 para el suelo **Typic Haplustepts Mixed**.

TABLA 25:
VALORES FINALES DE CADA VARIABLE EN ESTUDIO PARA LOS
DIFERENTES TIPOS DE SUELO

	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Entrenudos (cm)	Hojas	Raíces (cm)
Typic Haplustepts Clay	51,39	2,13	4,11	2,09	36,78
Typic Haplustepts Loam	83,52	3,24	5,65	2,15	64,44
Typic Haplustepts Mixed	90,33	3,07	5,63	2,06	68,33

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Mediante los análisis físicos y químicos realizados en campo y laboratorio respectivamente, se logró determinar la presencia de tres tipos de suelo del Orden Inceptisol (Typic Haplustepts Clay, Typic Haplustepts Loam y Typic Haplustepts Mixed) en el área de estudio de la finca “El Belén”.

Los mejores crecimientos de Teca para la variable altura de planta se obtuvieron en el Tratamiento 3 - T3 (Clase de suelo Typic Haplustepts Mixed) para todos los tiempos o periodos de evaluación realizados, obteniendo una altura promedio final de 90,33 cm, a diferencia en la variable diámetro de fuste donde el Tratamiento 2 – T2 (Clase de suelo Typic Haplustepts Loam) superó a el Tratamiento 3 - T3 (Clase de suelo

Typic Haplustepts Mixed) con un diámetro de 3,24 cm en el último periodo de evaluación. Sin embargo, ambos tratamientos son estadísticamente iguales.

En la variable “Longitud de Entrenudos” se logró determinar que el Tratamiento T2 (Clase de suelo Typic Haplustepts Loam) y el Tratamiento T₃ (Clase de suelo Typic Haplustepts Mixed) son estadísticamente iguales en todos los periodos de evaluación, con promedios de 5,65 cm para T2 y 5,63 para T3 respectivamente.

El número de hojas promedio por tratamiento al inicio de la investigación fue de: 9,91 hojas para el Tratamiento 1 - T1 (Typic Haplustepts Clay), 6,92 hojas para el Tratamiento 2 - T2 (Typic Haplustepts Loam) y 9,46 hojas para el Tratamiento 3 - T3 (Typic Haplustepts Mixed). Sin embargo al final de la evaluación no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable, lo que permite inferir que el tipo de Inceptisol de cada tratamiento no estaría relacionado al mal desarrollo de las hojas, ya que todos mostraron un buen desarrollo foliar al inicio de la evaluación.

En cuanto a la variable “Profundidad de raíces” los mejores resultados se obtuvieron en el Tratamiento 2 - T2 (Typic Haplustepts Loam) y el Tratamiento 3 - T3 (Typic Haplustepts Mixed) con profundidades promedio de 64,44 cm para T2 y 68,33 cm para T3 respectivamente.

Mediante el análisis de correlación de Pearson se demostró que existe una relación positiva y fuerte entre las variables profundidad de raíces y altura de planta para los Tratamientos T2 (Typic Haplustepts Loam) y el Tratamiento T3 (Typic Haplustepts mixed) con un R^2 de 0.90 para T2 y 0.969 para T3 respectivamente, lo que conlleva a pensar que las propiedades físicas y químicas en ambos tipos de suelo, permite un buen desarrollo foliar por el alcance y desarrollo radicular y consecuente mejora en la absorción de nutrientes, lo cual es ratificado en el tratamiento 1 – T1 (Typic Haplustepts Clay); donde se evidenció que existe una relación moderada entre las variables altura de planta y profundidad de raíces, debido a la clase textural (Arcilla pesada) que presenta este tipo de suelo en los 2 primeros horizontes, consecuentemente impidiendo la penetración radicular de las plantas, limitando su crecimiento.

RECOMENDACIONES

Realizar este tipo de investigación en diferentes zonas donde se haya establecido teca y así determinar cuáles son los mejores tipos suelos para la adaptabilidad y crecimiento de esta especie en el Ecuador.

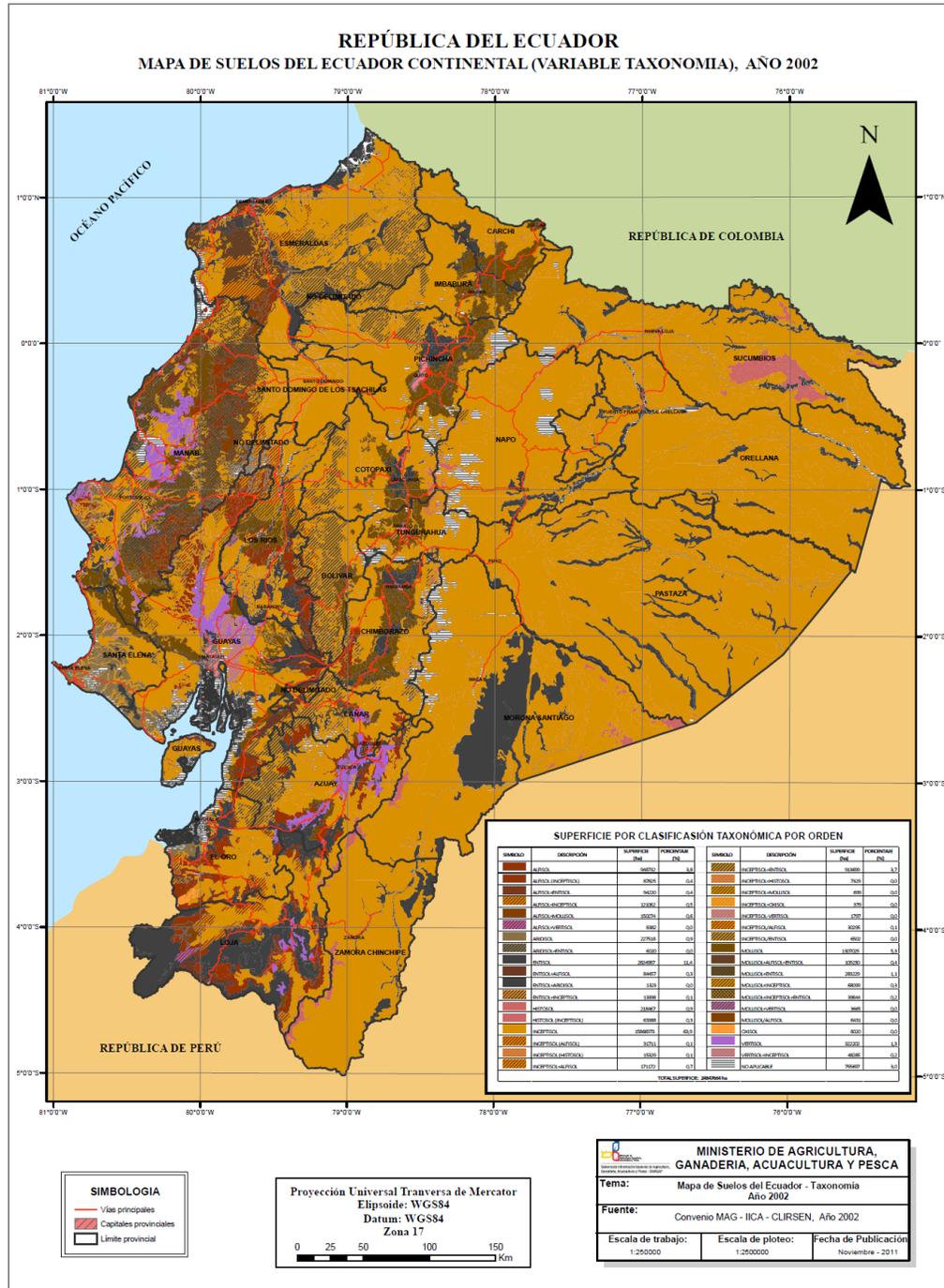
Continuar las evaluaciones de las parcelas permanentes instaladas en la Hacienda “El Belén” para que en un próximo estudio poder incluir variables como volumen, incremento medio anual, entre otras y así lograr determinar el comportamiento de teca en los diferentes suelos caracterizados en esta investigación.

Paralelamente, la Hacienda “El Belén” debería establecer un plan de manejo forestal considerando la caracterización realizada en este estudio, logrando implantar un manejo de la plantación por sitio específico.

Se recomienda al propietario de la Hacienda “El Belén” y a productores de teca en general considerar esta investigación como una herramienta más en la decisión de la selección de los sitios para el establecimiento de teca y cualquier otra especie a plantar.

ANEXOS

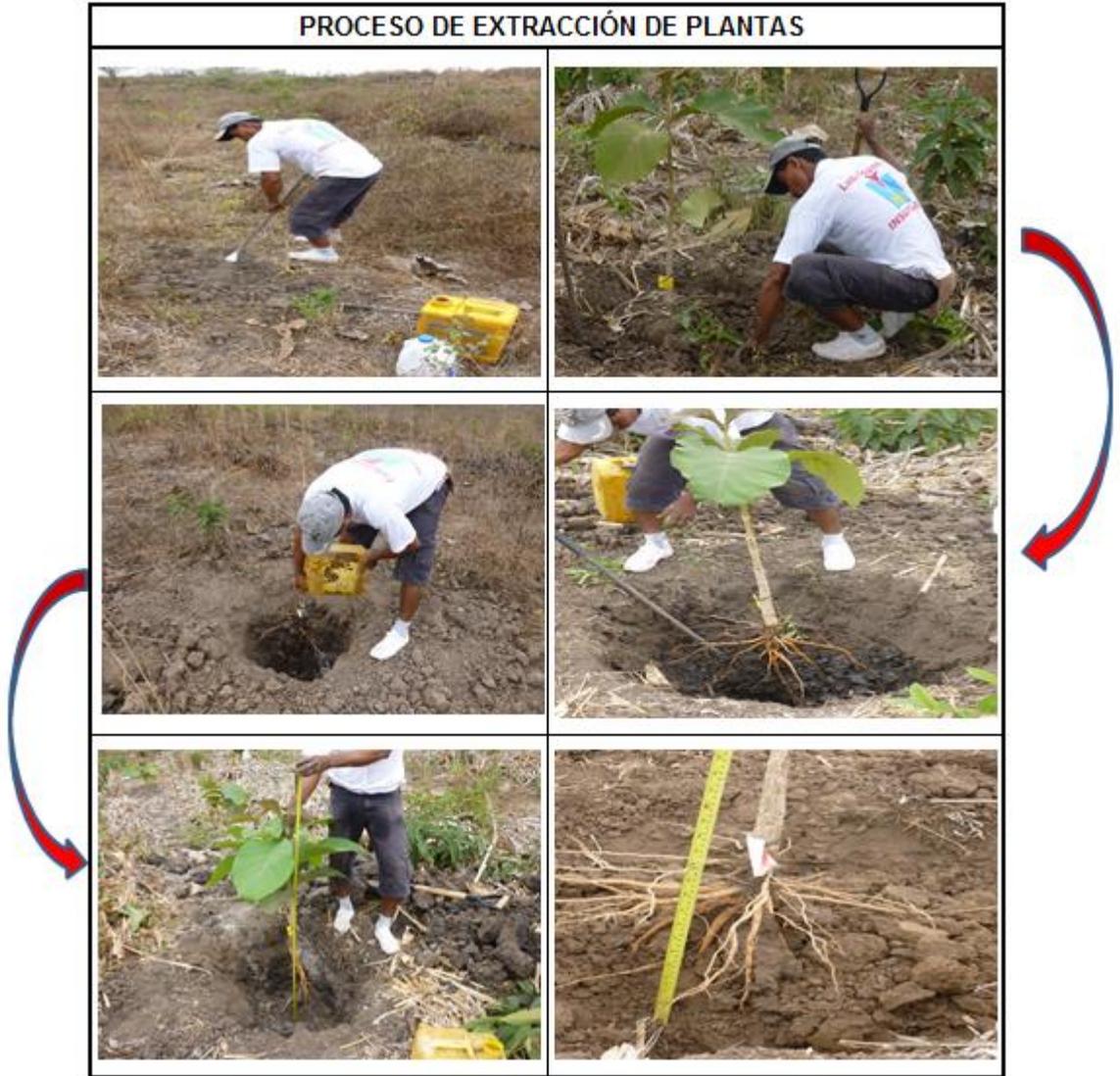
Anexo 2: Mapa de Taxonomía de suelos del Ecuador.



Anexo 3: Medición de variables de estudio



Anexo 4: Extracción de plantas de teca



Anexo 5: Características físicas de cada perfil de suelo

Características Físicas de suelo											
Calicatas	Clasificación taxonómica	Horizonte	Profundidad (cm)	Textura (%)			Clase textural	D. Aparente (gr/cm ³)	Humedad Equivalente (%)	Capacidad de campo (%)	P. Marchitez Permanente (%)
				Arena	Limo	Arcilla					
1	Typic	Ap	0 - 50	11	28	61	Ap	1,34	40	37,2	18,7
	Haplustepts	Bt	50 - 81	7	28	65	Ap	1,3	41,5	37,5	19,36
	Clay	Bw	81 - 120	42	46	12	F	1,15	16	14,5	8,21
2	Typic	Ap	0 - 39	12	25	63	Ap	1,34	40	36,2	24,4
	Haplustepts	Bw ₁	39 - 110	35	43	22	F	1,17	21	19	35,7
	Loam	Bw ₂	110 - 130	55	30	15	Far	1,18	15,5	14	42,5
3	Typic	Ap	0 - 37	25	38	37	FA	1,23	27	24,4	13,02
	Haplustepts	Bt	37 - 69	7	33	60	A/Ap	1,28	39,5	35,7	18,48
	Mixed	Bw	69 - 115	7	13	80	Ap	1,17	47	42,5	19,79

Nomenclatura: Ap, Antrópico; Bt, Acumulación de Arcilla; Bw, Desarrollo de color o estructura;

Anexo 6: Características químicas de cada perfil de suelo

Calicatas	Clasificación taxonómica	Horizontes	Profundidad (cm)	Características Químicas de Suelos													
				0	mmhos	%		meq/100 gr				%					
				pH	CE	MO	N	CIC	Na	K int.	Ca	Mg	P	Fe	Mn	Zn	Cu
1	Typic Haplustepts Clay	Ap	0 - 50	6,60	0,21	0,7	0,04	26,1	0,65	0,11	13,5	8,9	1,5	67,2	8,7	1,6	3,7
		Bt	50 - 81	7,00	0,36	0,3	0,02	32,3	1,14	0,12	16,1	12,4	1,5	26,9	3,2	1,4	2,7
		Bw	81 - 120	7,05	0,26	0,2	0,01	32,2	1,42	0,07	18	12,6	1,5	25,2	2,1	1,3	0,4
2	Typic Haplustepts Loam	Ap	0 - 39	6,02	0,13	0,6	0,03	29,7	0,55	0,08	14,9	11,7	1,5	26,9	8,9	1,3	3,4
		Bw ₁	39 - 110	6,60	0,14	0,2	0,01	29,1	1,02	0,07	16	11,1	1,7	30,8	3	1,2	0,8
		Bw ₂	110 - 130	6,65	0,14	0,2	0,01	18,7	0,66	0,07	9,1	8,6	1,7	28	1,6	1,3	1,1
3	Typic Haplustepts Mixed	Ap	0 - 37	5,73	0,12	2,7	0,16	24,4	0,32	0,1	7,7	5	1,6	22	17,1	3,7	0,9
		Bt	37 - 69	7,40	0,29	0,1	0,01	36	1,17	0,08	19,1	13,6	1,6	23,4	1,8	1,3	1,4
		Bw	69 - 115	6,41	0,22	0,2	0,01	25,6	1,11	0,07	9	3,2	1,6	9,4	3	2,6	4,3

Anexo 7: Descripción de Calicata 01

Calicata 01	
Ubicación	Sitio Boyería, HACIENDA EL BELÉN, Cantón Palenque, Los Ríos, Ecuador.
Coordenadas	UTM 631273 – 9834427
Altitud	28 metros
Identificación del perfil	Calicata 01
Autor de la descripción	Pedro Borja
Fecha de la descripción	15 de Mayo del 2013
Clima	Cálido - Seco
Material parental	Coluvio-Aluvial
Fisiografía	Terreno Plano – ligeramente ondulado
Pendiente	0 - 2%
Tipo de pendiente	Ligeramente inclinado
Régimen de humedad del suelo	Ústico
Régimen de temperatura de suelo	Isohipertérmico
Drenaje	Escasamente drenado
Nivel freático	No encontrado
Distribución radicular	Hasta 81 cm
Tipo de erosión	Leve
Uso de la tierra	Forestal – Agrícola
Tipo de vegetación	Sabana arbolada Semi-decidua

Anexo 7A: Características de la superficie de suelo

<p>Ap (10 YR 4/3) PARDO GRISÁCEO</p>	0	
<p>Ap (10 YR 5/4) PARDO AMARILLENTO</p>	50	
<p>F (10 YR 5/6) PARDO AMARILLENTO</p>	81	
		120

Anexo 7B: Descripción de perfiles de suelo

Ap 0-50 cm	Pardo (10YR4/3) en húmedo; Suelo Muy Arcilloso; estructura de bloques sub-angulares de grado fuerte y clase media; consistencia firme en húmedo, muy duro en seco; Suelo adherente y muy plástico; Muy pocos poros de forma tubular y finos; raíces comunes y medias; poca actividad biológica con presencia de canales de hormigas; Muy poca pedregosidad de forma angular, grava fina; pH (6.60); limite gradual.
Bt 50 - 81cm	Pardo amarillento (10YR5/4) en húmedo; Muy Arcilloso; estructura de bloque angulares de grado moderado y clase fina; pocos moteados de tamaño fino, contraste débil y límite agudo; consistencia friable en húmedo y ligeramente duro en seco; suelo ligeramente adherente y ligeramente plástico; poros comunes vesiculares de diámetro medio; pocas raíces muy finas; pH (7.0); límite gradual.
Bw 81 - 120 cm	Pardo amarillento (10YR5/6) en húmedo; Suelo Franco; estructura de bloques sub-angulares de grado moderado y clase media; consistencia friable en húmedo y ligeramente duro en seco; suelo ligeramente adherente y plástico; poros de forma tubular, comunes y medios; pH (7.05); Limite gradual.

Anexo 8: Características de la superficie de suelo.

Calicata 02

Ubicación	Sitio Boyería, HACIENDA EL BELÉN, Cantón Palenque, Los Ríos, Ecuador.
Coordenadas	UTM 631284 – 9834079
Altitud	35 metros
Identificación del perfil	Calicata 02
Autor de la descripción	Pedro Borja
Fecha de la descripción	15 de Mayo del 2013
Clima	Cálido - Seco
Material parental	Coluvio-Aluvial
Fisiografía	Terreno Plano – ligeramente ondulado
Pendiente	0 - 2%
Tipo de pendiente	Ligeramente inclinado
Régimen de humedad del suelo	Ústico
Régimen de temperatura de suelo	Isohipertérmico
Drenaje	Escasamente drenado
Nivel freático	No encontrado
Distribución radicular	Hasta 110 cm
Tipo de erosión	Leve
Uso de la tierra	Forestal – Agrícola
Tipo de vegetación	Sabana arbolada Semi-decidua

Anexo 8A: Características de la superficie de suelo

Ap (10 YR 4/3) PARDO AMARILLENTO	0 39	
F (10 YR 5/4) PARDO AMARILLENTO	PROFUNDIDAD (Cm) 110	
F - Ar (10 YR 4/4) PARDO AMARILLENTO OSCURO	130	

Anexo 8B: Descripción de perfiles de suelo

Ap 0-39 cm	Pardo (10YR4/3) en húmedo; Suelo Muy Arcilloso; estructura de bloques sub-angulares de grado fuerte y clase fina; consistencia firme en húmedo, muy duro en seco; Suelo muy adherente y muy plástico; Muy pocos poros de forma tubular y muy finos; raíces comunes y finas; poca actividad biológica con presencia de canales de hormigas; pH (6.02); limite gradual.
Bt 39 – 110 cm	Pardo amarillento (10YR5/4) en húmedo; Suelo Franco; estructura de bloques angulares de grado moderado y clase media; pocos moteados de tamaño fino, contraste débil y límite agudo; consistencia friable en húmedo y ligeramente duro en seco; suelo ligeramente adherente y ligeramente plástico; pocos poros vesiculares de diámetro fino; pocas raíces muy finas; pH (6.60); límite gradual.
Bw 110-130 cm	Pardo amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo; Suelo Franco-Arenoso; estructura angular-granular de grado moderado y clase media; consistencia friable en húmedo y suave en seco; moteados comunes, de tamaño medios, prominentes y limite difuso; suelo ligeramente adherente y ligeramente plástico; poros de forma intersticial, comunes y medios; pH (6.65); Limite gradual.

Anexo 9: Descripción de la Calicata 03

Calicata 03	
Ubicación	Sitio Boyería, HACIENDA EL BELÉN, Cantón Palenque, Los Ríos, Ecuador.
Coordenadas	UTM 631082 – 9834614
Altitud	28 metros
Identificación del perfil	Calicata 01
Autor de la descripción	Pedro Borja
Fecha de la descripción	15 de Mayo del 2013
Clima	Cálido - Seco
Material parental	Coluvio-Aluvial
Fisiografía	Terreno Plano – ligeramente ondulado
Pendiente	0 - 2%
Tipo de pendiente	Ligeramente inclinado
Régimen de humedad del suelo	Ústico
Régimen de temperatura de suelo	Isohipertérmico
Drenaje	Escasamente drenado
Nivel freático	No encontrado
Distribución radicular	Hasta 81 cm
Tipo de erosión	Leve
Uso de la tierra	Forestal – Agrícola
Tipo de vegetación	Sabana arbolada Semi-decidua

Anexo 9A: Características de la superficie de suelo

F - A (10 YR 7/2) GRIS CLARO	0	 A photograph of a soil profile. A yellow measuring tape is placed vertically on the left side of the soil. The soil is divided into three horizons: a top layer of light gray soil (F-A), a middle layer of dark brown to black soil (A), and a bottom layer of reddish-brown soil (Ap). The measuring tape shows depths of 0, 37, 69, and 115 cm. The soil texture appears to be loamy with some root channels and small stones.
A (10 YR 4/2) PARDO GRISÁCEO OSCURO	37	
Ap (7.5 YR 5/6) PARDO AMARILLENTO	69	
	115	

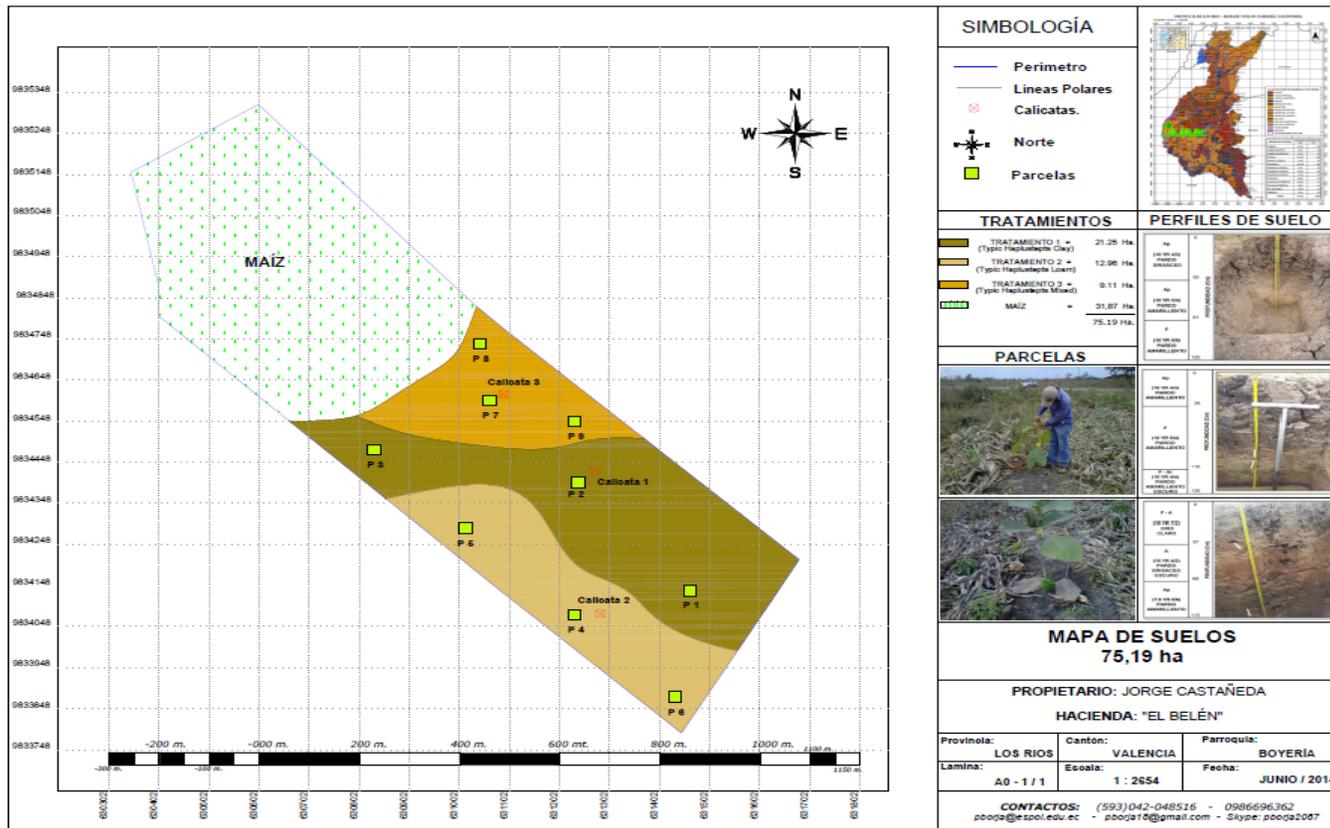
Anexo 9B: Características de la superficie de suelo

Ap 0 - 37 cm	Gris claro (10YR 7/2) en húmedo; Suelo Franco-Arcilloso; estructura de bloques sub-angulares de grado fuerte y clase fina; consistencia firme en húmedo, muy duro en seco; Suelo muy adherente y muy plástico; Muy pocos poros de forma tubular y muy finos; raíces comunes y finas; poca actividad biológica con presencia de canales de hormigas; pH (5.73); limite gradual.
Bt 37 – 69 cm	Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; Suelo Arcilloso; estructura de bloques angulares de grado moderado y clase media; pocos moteados de tamaño fino, contraste débil y límite agudo; consistencia friable en húmedo y ligeramente duro en seco; suelo ligeramente adherente y ligeramente plástico; pocos poros vesiculares de diámetro fino; pocas raíces muy finas; pH (7.40); límite gradual.
Bw 69 - 115 cm	Pardo amarillento (7.5YR 5/6) en húmedo; Suelo Muy Arcilloso; estructura angular-granular de grado moderado y clase media; consistencia friable en húmedo y suave en seco; moteados comunes, de tamaño medios, prominentes y limite difuso; suelo ligeramente adherente y ligeramente plástico; poros de forma intersticial, comunes y medios; pH (6.41); Limite gradual.

Anexo 10: Formato para la descripción de calicatas.

FICHA PARA LA DESCRIPCION DE CALICATAS							
IDENTIFICACION:			AUTOR:		FECHA:		
<u>UBICACION</u>							
PROVINCIA		CANTÓN		PARROQUIA		PREDIO	
COORDENADAS UTM DE REFERENCIA (DATUM WGS 84 17S):							
X			Y				
<u>VARIABLES CLIMATICAS</u>							
TEMPERATURA		PRECIPITACION		ALTITUD		ZONA DE VIDA	
<u>CONDICIONES CLIMATICAS ACTUALES</u>							
MATERIAL PARENTAL:				TIPO DE VEGETACION:			
FISIOGRAFIA:				AFLORAMIENTO ROCOSO:			
TIPO DE PENDIENTE:				TIPO DE DRENAJE:			
TIPO DE EROSION:				REGIMEN DE TEMPERATURA:			
REGIMEN HUMEDAD:				DISTRIBUCION RADICULAR:			
NIVEL FREATICO				CLASE GRADIENTE PENDIENTE:			
USO DE LA TIERRA				TIPO DE CULTIVO:			
NIVEL FREATICO							

Anexo 11. Mapa de Suelo MAPA DE SUELOS HACIENDA " EL BELÉN"



Anexo 12. Caracterización físico – químico de suelos.

Dr. Jorge E. Fuentes C.

Laboratorio de Análisis Agrícola / R.U.C.: 1700811134001

Urdesa norte Av. 4ta. #203 y calle 2da.
Teléfono: 2387310 / 088675672
Guayaquil - Ecuador

Caracterización físico - químico de suelos

Propietario:
Propiedad:
Localidad:
Solicitado por:

Palenque - Recinto Carrizal
Ing. Pedro Borja

Cultivo:
Variedad:
Ingreso:
Salida:

Teca, Maiz

21 de agosto/2013

Prmt.	Unid.	Cal1 0-50		Cal1 59-81		Cal1 81-120		Cal2 0-39		Cal2 39-110		Cal2 110-130		Cal3 0-37		Cal3 37-69		Cal3 69-115	
		2013662	1	2013663	2	2013664	3	2013665	4	2013666	5	2013667	6	2013668	7	2013669	8	2013670	9
Arena	%	11		7		42		12		35		55		25		7		7	
Limo		28		28		46		25		43		30		38		33		13	
Arcilla		61		65		12		63		22		15		37		60		80	
Clase	---	Ap		Ap		F		Ap		F		FAr		FA		A/Ap		Ap	
DA	gr/cm3	1,34		1,30		1,15		1,34		1,17		1,18		1,23		1,28		1,17	
pH	u.	6,60	lac	7,00	n	7,05	lalv	6,02	lac	6,60	lac	6,65	lac	5,73	lac	7,40	lalc	6,41	lac
CE 1:1	mmhos	0,21	N	0,36	N	0,26	N	0,13	b	0,14	b	0,14	b	0,12	b	0,29	N	0,22	N
MO	%	0,7	b	0,3	b	0,2	b	0,6	b	0,2	b	0,2	b	2,7	m	0,1	b	0,2	b
N		0,04	b	0,02	b	0,01	b	0,03	b	0,01	b	0,01	b	0,16	m	0,01	b	0,01	b
CIC	meq /	26,1	a	32,3	a	32,2	a	29,7	a	29,1	a	18,7	a	24,4	a	36,0	a	25,6	a
Na	100 gr	0,65	ant	1,14	ant	1,42	ant	0,55	ant	1,02	ant	0,66	ant	0,32	ant	1,17	ant	1,11	ant
K int.		0,11	b	0,12	b	0,07	b	0,08	b	0,07	b	0,07	b	0,10	b	0,08	b	0,07	b
Ca		13,5	m	16,1	m	18,0	m	14,9	m	16,0	m	9,1	m	7,7	b	19,1	m	9,0	b
Mg		8,9	a	12,4	a	12,6	a	11,7	a	11,1	a	8,6	a	5,0	m	13,6	a	3,2	m
P	ppm	1,5	b	1,5	b	1,7	b	1,5	b	1,7	b	1,7	b	1,6	b	1,6	b	1,7	b
Fe		67,2	a	26,9	m	25,2	m	26,9	m	30,8	m	28,0	m	22,0	m	23,4	m	9,4	b
Mn		8,7	m	3,2	b	2,1	b	8,9	m	3,0	b	1,6	b	17,1	a	1,8	b	3,0	b
Zn		1,6	b	1,4	b	1,3	b	1,3	b	1,2	b	1,3	b	3,7	b	1,3	b	2,6	b
Cu		3,7	m	2,7	m	0,4	b	3,4	m	0,8	b	1,1	b	0,9	b	1,4	b	4,3	a
H.E.	%	40,0		41,5		16,0		40,0		21,0		15,5		27,0		39,5		47,0	
C.C.		37,2		37,5		14,5		36,2		19,0		14,0		24,4		35,7		42,5	
P.M.P		18,70		19,36		8,21		18,70		10,40		7,99		13,02		18,48		19,79	


Dr. Jorge E. Fuentes C.
 Agrónomo
 Afines

BIBLIOGRAFÍA

1. MAGAP, "Mapa de Suelos del Ecuador - Taxonomía." p. 1, 2011.
2. MAGAP, "Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales Ministerio de Agricultura , Ganadería , Acuacultura y Pesca Subsecretaría de producción forestal." 2014.
3. Winckfil Alain, "RELIEVE Y GEOMORFOLOGIA." Quito, p. 17, 1982.
4. CORPEI-EXPOECUADOR, "Planeación Estratégica Plantaciones Forestales en el Ecuador." Quito, 2007.
5. M. Barrantes, Gerardo. Vinuesa, "El Bosque en el Ecuador Una visión transformada para el desarrollo y la conservación." pp. 1 – 47, 2003.
6. USDA, "Keys to Soil Taxonomy. Eleventh edition." p. 338, 2010.
7. G. Fadda, "C l a s i f i c a c i ó n d e S u e l o s. Cátedra de Edafología." Tucumán-Argentina, p. 22.
8. W. L. Luzio, *Taxonomía de Suelos. Un Sistema Básico de Clasificación de Suelos para Hacer e Interpretar Reconocimientos de Suelos.*, Primera ed. Quito, 1982, p. 275.

9. W. Fonseca, "Manual para productores de Teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica," *Heredia, Costa Rica*. Heredia - Costa Rica, 2004.
10. E. F. W. Chaves, "Tectona grandis L.f. Especie de Árbol de uso Multiple en América Central." Turrialba-Costa Rica, p. 54, 1991.
11. D. Roncancio, "Guías Técnicas para el Establecimiento y Manejo de Plantaciones Forestales Productivas en el Litoral Ecuatoriano." Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero del Ecuador (CORMADERA), Quito-Ecuador, p. 213, 2001.
12. B. Krishnapillay, "Silviculture and management of teak plantations," vol. 51, pp. 14–21, 2000.
13. E. Lopez, "Tectona grandis L. f .)," *Caracter. sitio que deteminan el Crecim. y Product. teca (tectona Gd. L.), en plantaciones For. Difer. Reg. en Guatemala*, 2004.
14. C. Briscoe, "SILVICULTURA Y MANEJO DE TECA, MELINA Y POCHOTE." Turrialba-Costa Rica, p. 49, 1995.
15. M. Mollinedo, "Relación suelo-planta, facotres de sitio y respuesta a la fertilización, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* L. f), en la zona Oeste, Cuenca del canal de Panamá." Turrialba-Costa Rica, p. 101, 2003.

16. M. Montero, "Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. y *Bombacopsis quinata* (Jacq) Dugand, en Costa Rica," Univeridad Austral de Chile, 1999.
17. E. FAO, "Descripción y ecología de *Tectona grandis* L." 2007.
18. G. Galloway, "El Manejo Forestal: La Poda, El Raleo y El Manejo de Rebrotos conceptos básicos." Costa Rica, p. 36, 2005.
19. CAÑADAS LUIS, *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería/Programa Nacional de Regionalización Agraria.*,. Quito-Ecuador, 1983, p. 242.
20. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), *Guía para la descripción de suelos*, Cuarta edi. Roma, 2009, p. 111.
21. H. Lamprecht, "Silvicultura en los trópicos. Traducido por Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn." p. 335, 1990.
22. R. et al Bacilieri, "Growth Perfomance of Teak. In Proceeding of the seminar on High Value Timber Species for plantation Establishment-Teak an Mahoganies, 1-2 December 1998." JIRCAS Working Report No 16, 1998.
23. CATIE, "Resultados de 10 años de investigacion silvicultural del proyecto MADELEÑA en Panamá. Luis A. Ugalde Arias (ed). Turrialba, CR.," vol. Serie técn, p. 133, 1997.

24. P. C. Pedro, "Fertilización NPK y Demanda Nutricional de Cuatro especies Forestales en Fases Tempranas de Crecimiento." H. Cárdenas, Tabasco, p. 88, 2009.
25. C. Rica, A. Alvarado, and J. L. Fallas, "LA SATURACIÓN DE ACIDEZ Y EL ENCALADO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA TECA (*Tectona grandis* L . f .) EN SUELOS ÁCIDOS DE," vol. 28, no. 1, pp. 81–87, 2004.
26. J. Calvo-alvarado, C. J. Rodríguez, J. Carlos, S. Montero, and S. King, "Efecto de cinco sustratos en el contenido foliar de nutrientes y crecimiento inicial de tres especies forestales empleadas en Mesoamérica," vol. 5, no. 14, pp. 1–15, 2008.
27. M. Vargas M. J; Quezada, H; Morales, "Estado actual de las investigaciones de la Teca (*Tectona grandis* L.F.) en el Valle de Sacta, Cochabamba.," vol. 3, pp. 9–12, 2007.
28. G. J. P. Byron, "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," p. 93, 2007.

