



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LA POBLACIÓN DE TECA
(*Tectona grandis* Linn. f.) EXISTENTE EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE-INIAP, PROVINCIA DE
LOS RIOS.

TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL.

PEDRO LUIS BARREIRO BETANCOURT

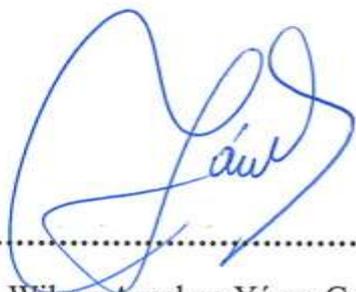
RIOBAMBA- ECUADOR

2017

HOJA DE CERTIFICACIÓN

El TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA, que el trabajo de titulación denominado CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LA POBLACIÓN DE TECA (*Tectona grandis* Linn. f.) EXISTENTE EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE-INIAP, PROVINCIA DE LOS RÍOS., de responsabilidad del señor Pedro Luis Barreiro Betancourt, ha sido prolijamente revisado quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

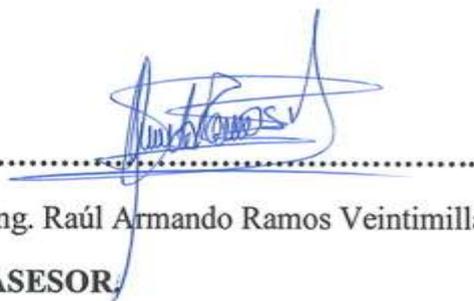


Ing. Wilson Anselmo Yáñez García.

DIRECTOR.

21-Febrero/2017.

FECHA



Ing. Raúl Armando Ramos Veintimilla.

ASESOR.

21 FEBRERO 2017

FECHA

Riobamba-Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Pedro Luis Barreiro Betancourt declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos y constantes del documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba 21 de febrero de 2017



Pedro Luis Barreiro Betancourt.

172441452-7

AUTORÍA.

La autoría del presente trabajo investigativo es de propiedad intelectual del autor y de la Escuela de Ingeniería Forestal de la ESPOCH.

DEDICATORIA.

Qamkunapah.

AGRADECIMIENTO.

Quisiera empezar agradeciendo a las dos personas que dieron todo de sí para que pueda cumplir esta meta en mi vida, Pedro José Barreiro Muñoz y María Sirlendy Betancourt Muñoz, mis padres, que gracias a la fortaleza que Dios les inspira a diario, me enseñaron todo lo que soy como persona y fueron los benefactores en su totalidad de mis estudios.

A mis hermanos, Jose Luis y Maibet, por ser mi ejemplo a seguir y motivación personal para superarme y llegar algún día a ser tan grande como ellos.

A Nico, Enely y los demás sobrinos que están por venir, porque me sirvieron de inspiración para levantarme en las mañanas cuando todo parecía difícil, me motivaron sin que tengan la más mínima idea de que lo hacían.

A la Escuela de Ingeniería Forestal de la ESPOCH, y todo su cuerpo docente y administrativo, por haber acogido durante mi época de formación académica; gracias por ser mi segundo hogar en estos años de vida.

De manera especial a los ingenieros Wilson Yánez y Raúl Ramos, que fueron guías y amigos en este proyecto de investigación, a los docentes Sonia Rosero, Franklin Arcos, Hugo Rodríguez, Norma Lara y demás profesionales que no solo confiaron en mí, también me brindaron su amistad, creyeron en mí.

Al INIAP, por ser la primera institución en abrirme las puertas en mi vida profesional y de manera muy especial al Ing. Víctor Cevallos, que sin conocerme de anterioridad supo brindarme la confianza y el apoyo para la realización de la presente investigación.

A mi compañera de viaje, Katherine Estacio Moreira, quien se convirtió en motivación para seguir avanzando, no sé dónde ni cuándo acabará el viaje, pero hay que disfrutarlo.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE MAPAS.....	x
TABLA DE GRÁFICOS.....	xi
TABLA DE CUADROS	xii
I. CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LA POBLACIÓN DE TECA (<i>Tectona grandis</i> Linn. f.) EXISTENTE EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE-INIAP, PROVINCIA DE LOS RIOS.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	1
A. JUSTIFICACIÓN.....	3
B. OBJETIVOS.....	5
1. General.....	5
2. Específicos.....	5
C. HIPOTESIS.....	5
1. Hipótesis nula.....	5
2. Hipótesis alternativa.....	5
III. MARCO TEÓRICO.....	6
A. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE VEGETAL.....	6
1. Nomenclatura.....	6
2. Nombres comunes.....	6
3. Distribución natural.....	7
4. Distribución artificial.....	7
5. Descripción botánica.....	8
6. Sitios óptimos de crecimiento.....	9
7. Factores limitantes de crecimiento.....	10
8. Requerimientos ambientales de la teca en Ecuador.....	11
a. Requerimientos climáticos.....	11
b. Requerimientos edáficos.....	11
B. MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL.....	11
1. Definición.....	11
2. Selección y manejo de semillas.....	13
3. Objetivos del mejoramiento genético forestal.....	14
4. Base científica para el mejoramiento genético forestal.....	14
5. Metodología y elementos de un programa de mejoramiento genético forestal.....	15
6. Beneficios del mejoramiento genético forestal.....	17
C. CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES A EVALUAR.....	18

1.	Caracteres que deben ser evaluados.....	18
2.	Caracteres cuantitativos o aditivos.....	19
3.	Caracteres cualitativos.....	20
4.	Bifurcación y la yema apical dominante.....	21
5.	Selección de los árboles en los sitios.....	21
6.	Árboles que deben ser seleccionados en una finca.....	21
7.	Validación de la superioridad fenotípica.....	22
D.	PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LAS PLANTACIONES DE TECA.....	23
IV.	MATERIALES Y METODOS.....	26
A.	CARACTERISTICAS DEL LUGAR.....	26
1.	Localización.....	26
a)	Ubicación Geográfica.....	26
2.	Características Climáticas.....	26
3.	Clasificación Ecológica.....	26
B.	MATERIALES.....	27
1.	Materiales de campo.....	27
2.	Materiales y equipos de oficina e informáticos.....	27
C.	METODOLOGIA.....	27
1.	Delimitación del área en estudio.....	27
2.	Población de <i>T. grandis</i> en la Estación Experimental Tropical Pichilingue.....	27
3.	Procedimiento para calificar los árboles en campo.....	28
5.	Análisis y representación de la información.....	31
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
A.	IDENTIFICACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE LOS INDIVIDUOS EVALUADOS.....	33
B.	EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES DASOMÉTRICAS.....	37
1.	Altura Comercial.....	38
2.	Diámetro de altura al pecho (DAP).....	41
3.	Volumen.....	44
C.	EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS.....	47
D.	INDIVIDUOS DE CARACTERÍSTICAS SUPERIORES AL RESTO DEL RODAL.....	52
1.	Lote 1.....	52
2.	Lote 2.....	53
3.	Lote 3.....	54
4.	Lote 4.....	54
VI.	CONCLUSIONES.....	56

VII. RECOMENDACIONES.....	57
VIII. RESUMEN.....	58
IX. SUMMARY.....	59
X. BIBLIOGRAFÍA.....	60
XI. ANEXOS.....	63

TABLA DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación de los lotes de Teca evaluados en la EETP-INIAP.....	33
Mapa 2: Lote 1 evaluado en la EETP-INIAP.....	34
Mapa 3: Lote 2 evaluado en la EETP-INIAP.....	35
Mapa 4: Lote 3 evaluado en la EETP-INIAP.....	36
Mapa 5: Lote 4 evaluado en la EETP-INIAP.....	37

TABLA DE GRÁFICOS.

Gráfico 1: Distribución de frecuencias de la altura comercial en el Lote1.	38
Gráfico 2: Distribución de frecuencias de la altura comercial en el Lote 2.	39
Gráfico 3: Distribución de frecuencias de la altura comercial en el Lote3.	40
Gráfico 4: Distribución de frecuencias de la altura comercial en el Lote 4.	40
Gráfico 5: Distribución de frecuencias del diámetro de altura al pecho (DAP) en el Lote1...	41
Gráfico 6: Distribución de frecuencias del diámetro de altura al pecho (DAP) en el Lote 2..	42
Gráfico 7: Distribución de frecuencias del diámetro de altura al pecho (DAP) en el Lote 3..	42
Gráfico 8: Distribución de frecuencias del diámetro de altura al pecho (DAP) en el Lote 4..	44
Gráfico 9: Distribución de frecuencias del volumen en el Lote1.	45
Gráfico 10: Distribución de frecuencias del diámetro del volumen en el Lote 2.....	45
Gráfico 11: Distribución de frecuencias del volumen en el Lote 3.....	46
Gráfico 12: Distribución de frecuencias del volumen en el Lote 4.....	47
Gráfico 13: Rectitud del fuste de los árboles evaluados.....	48
Gráfico 14: Ángulo de inserción de las ramas en los árboles evaluados.....	49
Gráfico 15: Grosor de las ramas de los árboles evaluados.	49
Gráfico 16: Grano en espiral en los árboles evaluados.	50
Gráfico 17: Gambas o aletones en los árboles evaluados.....	51
Gráfico 18: Calidad de fuste de los árboles evaluados.....	51

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1: Árboles superiores en cuanto a la altura comercial en el Lote 1.....	53
Cuadro 2: Árboles superiores en cuanto a la altura comercial en el Lote 2.....	53
Cuadro 3: Árboles superiores en cuanto a la altura comercial en el Lote 3.....	54
Cuadro 4: Árboles superiores en cuanto a la altura comercial en el Lote 4.....	55

I. CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LA POBLACIÓN DE TECA (*Tectona grandis* Linn. f.) EXISTENTE EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE-INIAP, PROVINCIA DE LOS RIOS.

II. INTRODUCCIÓN.

La teca (*Tectona grandis* Linn.f.) es una especie forestal que se cultiva por lo menos en 36 países, a lo largo de las tres regiones tropicales a escala mundial, tanto en Asia, Oceanía y América, representando alrededor del 75% de las plantaciones de maderas duras tropicales de alta calidad en el mundo (Bath, 2004). En este sentido, en el Ecuador, la especie cada vez adquiere más importancia, debido probablemente a su rápido crecimiento y la alta demanda de su madera en el mercado mundial.

El Gobierno Ecuatoriano ha considerado al sector forestal como prioritario para aportar al desarrollo sostenible y al cambio de la Matriz Productiva, es así que ocho de las doce estrategias señaladas en el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013 están vinculadas con actividades forestales (MCPEC, 2012).

El programa de incentivos para la reforestación con fines comerciales promovido por el Estado ecuatoriano a través del MAGAP a inicios del año 2013, tiene como meta 120.000 hectáreas de plantaciones forestales incrementadas en el primer quinquenio; para completar un total de 1'000.000 de hectáreas en los próximos 30 años, con incentivos económicos a personas naturales y jurídicas hasta del 75% en cuanto al costo de establecimiento y manejo de los primeros cuatro años de la plantación; y a las asociaciones, cooperativas productivas y comunas hasta el 100% del incentivo (MAGAP, 2015).

En la actualidad la teca es la especie más plantada dentro del Programa de Incentivos con una inversión de 2,4 millones de dólares hasta la fecha; según la Asociación de Productores

y Comercializadores de Teca y Maderas Tropicales (ASOTECA), la superficie actual de Teca plantada en el Ecuador es de 45000 hectáreas, destacando a Ecuador como el primer exportador de teca de Latinoamérica, ya que en 2014 se vendió al mundo 230 millones de dólares en productos relacionados a la especie (MAGAP, 2015).

Cornelius (1994), sostiene que la identificación de poblaciones genéticamente superiores se refiere al reconocimiento de los rodales o zonas que produzcan semilla de la mejor calidad genética posible, y de acuerdo a CORMADERA/OIMT 2001, la principal fuente semillera de teca que se utilizó en el Ecuador se encontró en décadas pasadas en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP). Según Kollert (2011), en Asia, África y el Caribe la mayoría de plantaciones son de propiedad estatal a diferencia de las plantaciones en América Latina donde la gran mayoría son de propiedad privada y los materiales vegetativos propagados son de uso exclusivo de los mismos.

Con base en dicha información es evidente que el material genético existente de teca en la EETP tendrá variabilidad y se espera que sea uno de los mejores introducidos al país, razón por la cual en el 2010, Suarez realizó una investigación en la que se seleccionó 676 árboles semilleros basándose en las mejores características fenotípicas de los individuos del rodal, pero tanto su propagación como mejoramiento no ha sido manejado de la forma correcta, este trabajo de investigación busca salvaguardar e identificar los árboles de mejor calidad fenotípica como árboles candidatos a plus que puedan aportar con material genético para el inicio de un Programa de Mejoramiento Forestal en teca por parte del INIAP, y así tener a disponibilidad del silvicultor plantas de calidad superior para plantaciones operacionales.

La producción de teca depende de dos factores sumamente importantes como son la calidad genética del germoplasma y la parte ambiental, al ser el Ecuador un país idóneo para el cultivo de teca, el factor de importancia que aún está pendiente y se ha transformado en un

problema es la calidad del material genético a plantar, ya que en la actualidad existe un avance limitado en la disponibilidad de plantas de teca de calidad genética superior para los silvicultores, lo que significa una limitante representativa para el avance del sector forestal ecuatoriano en lo que a esta especie concierne.

Es por eso que la identificación y selección de árboles de alto rendimiento, fenotípicamente sobresalientes en cuanto a forma, vigor y sanidad, es el inicio y la base fundamental de un programa de mejoramiento genético forestal, ya que de esta selección dependerá en gran parte el éxito del programa (Vallejos, Badilla, Picado, & Murillo, 2010).

A. JUSTIFICACIÓN.

La población de *T. grandis* existente en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP fue una de las primeras introducciones de germoplasma al Ecuador hace más de 50 años atrás, demostrando una buena aclimatación respondiendo positivamente a la resistencia de plagas y enfermedades y con resultados prometedores en cuanto al rendimiento volumétrico, por lo que ha sido catalogada en décadas pasadas como una fuente semillera.

Suarez (2010), realizó una selección de los mejores árboles de los rodales de teca presentes en la Estación, en donde identificó a 676 individuos de características superiores, dando como recomendación a su trabajo investigativo iniciar a un Programa de Mejoramiento Genético Forestal con los árboles seleccionados, ya que al ser árboles de edad madura se encuentran en óptimo estado para dar inicio a dicho programa.

Aceptando que el promedio de rotación de la especie es de 20 años, se podría pensar que al haberse completado dos o más rotaciones, las investigaciones en cuanto a las procedencias hubiesen dejado grandes avances y lecciones valiosas para el silvicultor y para el Estado ecuatoriano en general; sin embargo la información genética obtenida de aquel rodal es

limitada, ya que varios aprovechamientos han causado la pérdida de información genética de suma importancia.

Con la ejecución del presente trabajo de investigación realizado en la Estación Experimental Pichilingue se pretende rescatar el material genético que aún queda en esta plantación, mediante la caracterización y evaluación fitosanitaria de cada uno de los individuos del rodal, dejando así las bases necesarias para que posteriormente se pueda dar el inicio a un Programa de Mejoramiento Genético con los individuos que presenten las mejores características genotípicas y fenotípicas.

B. OBJETIVOS.

1. General.

Caracterizar cuantitativa y cualitativamente la población de Teca (*Tectona grandis* Linn. f.) existente en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, como estrategia para identificar material potencial para iniciar un Programa de Mejoramiento Genético.

2. Específicos.

- a. Identificar y georeferenciar los individuos de *T. grandis* Linn. f. presentes en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP.
- b. Evaluar las variables dasométricas y cualitativas de la población de *T. grandis* Linn. f. existente en la Estación Experimental Tropical Pichilingue.
- c. Crear un ranking de los individuos caracterizados para la identificación de potenciales progenitores para iniciar un programa de mejoramiento genético de *T. grandis* Linn. f.

C. HIPOTESIS.

1. Hipótesis nula.

La población de *T. grandis* Linn.f. de la Estación Experimental Tropical Pichilingue no posee individuos con características fenotípicas de interés para iniciar un programa de mejoramiento genético forestal.

2. Hipótesis alternativa.

La población de *T. grandis* Linn.f. de la Estación Experimental Tropical Pichilingue posee individuos con características fenotípicas de interés para iniciar un programa de mejoramiento genético forestal .

III. MARCO TEÓRICO.

A. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE VEGETAL.

1. Nomenclatura.

La teca es una especie latifoliada de fuste recto, perteneciente a la familia Verbenacea (Chaves & Fonseca, 1991) cuya nomenclatura es la siguiente:

Reino : Plantae

Subreino : Embryobionta

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Subclase : Asteridae

Orden : Lamiales

Familia : Verbenaceae

Género : *Tectona*

Especie : *grandis*

2. Nombres comunes

La especie es conocida ampliamente como Teca en los países de habla hispana donde ha sido introducida, mientras que en países de Europa y Asia tiene diferentes nombre, es así que en la India, se le conoce como sagun, sagon, saguan, skhu, toak, Indian oak; en Francia, Inglaterra y Holanda se la llama Teck; mientras que en Indonesia es conocida como jati, deleg y kulidawa; en cuanto en Laos y Tailandia se la nombra como sak y mai-sak (Fonseca Gonzales, 2004).

3. Distribución natural.

El género *Tectona* consta de 3 especies, con una distribución natural del género discontinua, muchos autores citan que la especie es originaria del sureste asiático (Myanmar, Tailandia, India, Malasia, Java, Indochina, La República Democrática Popular Laos), entre los 12 y 25° latitud norte y de 73 a 104° longitud este (Fonseca Gonzales, 2004).

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

4. Distribución artificial.

Por la calidad de la madera, *T. grandis* ha sido introducida en una gran cantidad de lugares que tienen clima tropical, entre los 18 y 28° latitud norte. En el sureste de Asia, en Indonesia, Sri Lanka, Vietnam, Malasia, Islas Solaman, en algunos países africanos como Costa de Marfil, Nigeria y Togo (Fonseca Gonzales, 2004).

En América Tropical fue introducida primero en Trinidad entre 1913 y 1916, con semillas procedentes de Tenasserim en Burma (Myanmar). Esta procedencia ha sido ampliamente distribuida, exportándose semilla de Trinidad a Belice, República Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y México (Fonseca Gonzales, 2004).

La especie se introdujo en América Central, en Panamá en 1926 con semilla procedente de Sri Lanka, de esta procedencia se enviaron semillas a la mayoría de países de América

Central y el Caribe. Otros países en donde se han establecido plantaciones son Brasil, Perú, Salvador, Honduras, Bolivia, Ecuador y Jamaica (Fonseca Gonzales, 2004).

5. Descripción botánica.

Los árboles de teca son de fuste recto y elevado. En los bosques del área natural de la especie, los árboles dominantes miden entre 25 y 30 m de altura y de 55 a 80 cm. de diámetro de altura al pecho (DAP); pero se han localizado árboles de mayores dimensiones, con fustes limpios de ramas hasta una altura de 30 m y diámetros comprendidos entre 143 a 191 cm. de DAP (Betancourt Barroso, 1987).

Es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 1,2 mm de espesor, de color café claro que desfolia en placas grandes y delgadas. Los árboles generalmente presentan dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, originando una copa más amplia con ramas numerosas (Fonseca Gonzales, 2004).

Hojas opuestas ovaladas, verticiladas en plantas jóvenes, de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, consistentes y ásperas al tacto; miden comúnmente entre 40 y 50 cm. de largo y 20 a 25 cm. de ancho, pero en las plantas jóvenes algunas de ellas son de mayor tamaño. El follaje tierno posee un color rojizo que desaparece poco a poco (Betancourt Barroso, 1987).

Presenta inflorescencia en panículas terminales, erectas y ramificadas, de 40 a 50 cm de largo y más o menos igual de ancho, las flores son de colores blanquecinos, pequeños y numerosas, el cáliz es de color gris, finamente pubescente, con 6 lóbulos en forma de campana; corola blanco-cremosa en forma de embudo, con un tubo corto y 6 lóbulos extendidos, 6

estambres insertos en el tubo de la corola; ovario tetralocular. Las flores son hermafroditas (Betancourt Barroso, 1987).

Los frutos son drupas pequeñas de color castaño claro y forma esférica, como el tamaño de una avellana, tetraloculares; están envueltos en un cáliz membranoso y persistente, semejante a una vejiguilla, plegada irregularmente; miden de 2 a 3 cm. de diámetro (Betancourt Barroso, 1987).

La producción de semillas fértiles se presenta entre los 15 y los 20 años, sin embargo, en algunos casos se da una floración temprana entre 5 y 8 años (Fonseca Gonzales, 2004), la floración se da en los meses de junio a septiembre y la producción de frutos a inicio de verano, de febrero a abril (Pandey & Brown, 2000).

Su sistema radicular es grande y profundo, al principio crece una raíz gruesa que al madurar el árbol puede persistir o desaparecer, desarrollándose fuertes raíces laterales, lo que la hace resistente a fuertes vientos (Betancourt Barroso, 1987). Las raíces son sensibles a la deficiencia de oxígeno, de ahí que se encuentran a poca profundidad (primeros 30 cm) creciendo en suelos bien drenados. En los primeros 30 cm de suelo se encuentra el 65 a 80% de la biomasa radical fina, mientras que la producción anual de biomasa radical fina es de 5420 kg/ha (Fonseca Gonzales, 2004).

6. Sitios óptimos de crecimiento.

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

a 80 cm, con alto contenido de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) (Pandey & Brown, 2000).

Los sitios considerados buenos deben tener “entre 150 y 160 ppm de P total , al menos 15 ppm de manganeso (Mn), hasta 2 ppm de zinc (Zn) y más de 10 cmol/l de Ca +Mg + K/100 gr de suelo, en los primeros 10 cm profundidad del suelo; una relación Ca/CIC con pH 7 mayor al 50% entre 20 y 30 cm de profundidad y una relación Mg/CICE superior al 15- 20% en los primeros 10 cm profundidad del suelo. Bajo estas características, los sitios buenos son aquellos que tienen un porcentaje de saturación de acidez menor a 5,8% y un porcentaje de saturación de calcio mayor a 67%” (Pandey & Brown, 2000).

7. Factores limitantes de crecimiento.

No tolera suelos anegados, pantanosos y compactados. La presencia de la hormiga arriera (*Atta* sp.) en plantas jóvenes constituyen una verdadera plaga. El insecto (*Membrasis*) daña los brotes tiernos y produce ramificación (Vinueza, 2012)

No resiste suelos inundables, pantanosos, muy pedregosos, o cimas. No conviene en sitios con pendientes mayores al 25%. No tolera sombra. El exceso de agua pudre las raíces. No es conveniente plantar en suelos con menos de 8 ml de calcio o muy ácidos con alto contenido de hierro. Aun cuando es una especie resistente al fuego, los incendios pueden causarle daños de consideración, También existe problemas de enrollamientos de las hojas las cuales se pueden dar por el viento, deriva de herbicidas, residuos de herbicidas, ácaros blancos (Vinueza, 2012).

8. Requerimientos ambientales de la teca en Ecuador.

a. Requerimientos climáticos.

Según la ficha técnica de Ecuador Forestal los requerimientos climáticos de *Tectona* comprenden rangos altitudinales entre los 0 y 800 msnm, con una precipitación entre 1000 a 2200 mm, y temperaturas que van desde los 22 hasta 28°C, para su desarrollo óptimo (Vinueza, 2012).

b. Requerimientos edáficos.

Prefiere suelos arenosos o franco arenosos, bien desarrollados, bien drenados y aireados, aún más si son aluviales. Tiene capacidad de adaptación a suelos pobres y a suelos calcáreos. Se acomoda a una gran variedad de suelos con buen drenaje interno y en áreas de suelos arcillosos pesados (Vinueza, 2012)

Se adapta en suelos franco-arcilloso-arenosos, con pH de 5.0 a 8.5 pero se desarrolla mejor con pH de 6.5 a 7.5. Prefiere suelos con un metro de profundidad para desarrollar sus raíces; no tolera el agua estancada, ni la arcilla anaeróbica. En suelos poco fértiles presenta menor crecimiento y altura. (Vinueza, 2012).

B. MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL.

1. Definición.

El mejoramiento genético forestal se define como el proceso de identificación y desarrollo de poblaciones genéticamente superiores de especies forestales, y el uso de estas poblaciones como fuentes de semilla (u otro material propagativo) para establecer plantaciones

mejoradas (Cornelius, 1994). Se puede definir también como la aplicación de principios genéticos en la silvicultura para aumentar el rendimiento y la productividad de los bosques por medio de la utilización de fuentes semilleras con superioridad genética (Gutiérrez, 1997).

Las actividades destinadas a evaluar los rasgos de los árboles en plantaciones con el fin de seleccionar material para que los futuros cultivos o plantaciones sean mejores que sus progenitores es lo que se conoce como mejoramiento genético. La selección es la herramienta básica para identificar los mejores individuos fenotípicamente: salud, vigor, (eventual) resistencia a patógenos y plagas, desempeño, características físicas mecánicas y químicas de la madera (Camino & Morales, 2013).

La selección de individuos, colectas de semillas individuales, reproducción asexual del progenitor, huertos semilleros por semillas y clones (injertados, enraizados), polinización abierta y polinización controlada, semillas con pedigrí, pruebas de progenies en sitios, clones y pruebas de adaptación de clones por sitio son actividades que permiten mejorar sustancialmente un cultivo (Camino & Morales, 2013).

Los primeros esfuerzos en lo que se refiere a la selección de fuentes semilleras datan de los inicios de la década de 1950 (Flores & Chávarry, 2005). En la actualidad el mejoramiento genético forestal constituye una parte fundamental de los programas de manejo forestal intensivo en el mundo y, a futuro, continuará siendo importante en la industria (Ipinza, Gutiérrez, & Emhart, 1998).

El término “poblaciones genéticamente superiores” se refiere a poblaciones con características genéticas tales que la semilla o el material vegetativo procedente de ellas produzca árboles mejores en cuanto a una o más características relacionadas con la cantidad o calidad del producto final. El punto de comparación es, por lo general, la fuente de semilla utilizada comercialmente (Cornelius, 1994).

La identificación de poblaciones genéticamente superiores se refiere al reconocimiento de los rodales o zonas que produzcan semilla de la mejor calidad genética posible. El desarrollo de poblaciones trata de la formación de poblaciones genéticamente superiores, como las que se generan cuando se establecen huertos semilleros mediante injertos procedentes de árboles de calidad genética superior. El desarrollo de poblaciones superiores es un proceso dinámico, debido a que siempre es posible eliminar material inferior o introducir nuevo material genético, como respuesta a los continuos cambios del medio ambiente y de las necesidades de la sociedad (Cornelius, 1994).

2. Selección y manejo de semillas.

En relación a este tema, en febrero del 2004, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) expidió la normativa sobre semillas forestales, con la finalidad de entre otras: establecer mecanismos para la comercialización de semillas de calidad física y fisiológica razonablemente aceptables; establecer un registro de fuentes semilleras, productores; crear un banco de datos de semillas forestales, que permita identificar las mejores progenies según las especies (Cañadas, Rade, Zambrano, Molina, & Arce, 2005).

Las fuentes semilleras constituyen una herramienta básica, ya que permiten concentrar las actividades de recolección de la semilla en áreas limitadas. Elegir la fuente más apropiada para cada sitio de plantación, ayudará a reducir el impacto de adaptación de las plántulas al sitio definitivo, y permitirá una mejoría en el rendimiento de las plantaciones (Mesén, 1995).

La importancia de las fuentes semilleras radica en que a corto plazo, mejoran la calidad de las plantaciones y a largo plazo pueden constituirse en una base genética para iniciar programas de mejoramiento genético para especies potenciales (Mesén, 1995).

3. Objetivos del mejoramiento genético forestal.

El principal objetivo del mejoramiento genético forestal es aumentar la productividad y mejorar la calidad de los árboles que integran las plantaciones. Los objetivos específicos de un programa de mejoramiento normalmente se formulan como metas, y están conformados por definiciones claras de cuales características serán mejoradas y en qué grado. Las metas adoptadas dependen de factores, tales como la importancia de la especie, sus características, los recursos disponibles y el estado de avance de la tecnología y la capacidad técnica del personal dentro de la institución (Cornelius, 1994).

De acuerdo con el objetivo general, casi todo programa busca mejorar alguna característica relacionada con la productividad, tal como el diámetro del árbol a una edad específica, altura, o volumen del árbol individual. Frecuentemente los objetivos específicos incluyen también el mejoramiento de la forma del árbol, por ejemplo en cuanto a reducir el grosor de las ramas, la tendencia a bifurcarse o la productividad fustes torcidos. Sin embargo, casi cualquier rasgo de los árboles muestra variación genética y, por lo tanto ofrece la posibilidad de ser mejorado si las circunstancias justifican tal acción (Cornelius, 1994).

4. Base científica para el mejoramiento genético forestal.

La apariencia de un árbol (el fenotipo) es el resultado de la acción conjunta de su constitución genética (el genotipo) y del ambiente en donde se ha desarrollado. Resulta entonces que las diferencias que observamos entre los árboles de una especie (variación fenotípica) tienen dos orígenes: la variación causada por diferencias ambientales (variación ambiental) y la variación causada por diferencias genéticas (variación genética) (Cornelius, 1994).

La existencia de variación genética es indispensable para el mejoramiento genético forestal. Dicha variación posibilita que, a través de selección, podamos modificar positivamente

(mejorar) las características promedio de una población. Si no hay variación genética no se puede hacer mejoramiento genético (Cornelius, 1994).

La variación genética y la variación ambiental se presentan, en forma simultánea y sus efectos sobre los árboles se mezclan. Por ejemplo, árboles con un excelente genotipo para crecimiento, plantados en un suelo pobre, pueden crecer más lentamente que los árboles de regular calidad genética plantados en un suelo fértil. Por esta razón nada puede decirse del valor genético de un árbol basándose únicamente en su apariencia. (Cornelius, 1994).

5. Metodología y elementos de un programa de mejoramiento genético forestal.

El método básico para distinguir la variación genética de la variación ambiental, e identificar procedencias, familias o individuos superiores, es el experimento de campo: la única manera que existe actualmente de comparar y estimar la calidad genética de las procedencias, familias o clones, es plantar y evaluar el material en un experimento replicado y aleatorizado apropiadamente (Cornelius, 1994).

El mismo autor señala que la mayoría de los programas empiezan con pruebas de procedencias. El objetivo de estas pruebas es la identificación de las procedencias mejores dentro de una especie. Esta información se utiliza para:

- Seleccionar las fuentes de semilla para plantaciones comerciales inmediatas.
- Establecer rodales y/o plantaciones semilleras con las mejores procedencias. Dichos rodales o plantaciones consisten en rodales de buena calidad fenotípica, la cual se mejora mediante uno o más aclareos.
- Determinar donde se debería seleccionar árboles plus.

La segunda fase puede ser la selección de árboles plus. Estos son árboles de excelente calidad fenotípica, seleccionados normalmente mediante una exploración meticulosa en bosques naturales o plantaciones. Se supone que una proporción de su superioridad es heredable, y será transmitida a la descendencia (progenie). Para aprovechar esta superioridad se establece huertos semilleros, los cuales consisten por lo general de injertos de los árboles plus. Los huertos semilleros no son experimentos, sino plantaciones manejadas intensivamente para la producción de semilla, en las cuales se registra y mantiene cuidadosamente la identidad de los injertos. A la vez, se establecen pruebas de descendencias, con el fin de probar la calidad genética de los árboles incluidos en el huerto. Con base en los resultados de las pruebas, se aclarea el huerto, dejando únicamente los clones superiores para la producción de semilla mejorada (Cornelius, 1994).

Los árboles superiores se pueden aprovechar también mediante clonación. Usando enraizamiento de material juvenil, se puede producir económicamente clones para plantaciones operacionales. Este método ofrece las ganancias genéticas más grandes y rápidas que se pueden lograr en una generación, ya que toda la superioridad genética del árbol original está incorporada en los propágulos (Cornelius, 1994).

Al terminar estas fases, se ha concluido una generación de mejoramiento. Sin embargo, el mejoramiento no se detiene después de una sola generación. Al igual que con los cultivos agrícolas como maíz o café, con árboles forestales se puede con cuidado, seguir mejorando más en cada generación. En los países más avanzados en el campo de la genética forestal, ya están en producción huertos semilleros de segunda y hasta tercera generación (Cornelius, 1994).

6. Beneficios del mejoramiento genético forestal.

Hasta cierto punto, los beneficios de mejorar la cantidad o calidad del producto son obvios. Sin embargo, es importante destacar que un aumento en productividad puede ser aprovechado de varias maneras, por ejemplo, en una reducción del turno, en una menor área plantado (en el caso de plantaciones industriales establecidas con el fin de producir una cantidad relativamente constante cada año), o bien en una mayor productividad en la misma área. También el rápido crecimiento inicial puede reducir los costos durante la fase de establecimiento. Por otra parte, el mejoramiento de la calidad del producto puede reducir los costos operacionales; árboles más rectos son más fáciles de transportar y de procesar (Cornelius, 1994).

Otro punto fundamental de la rentabilidad del mejoramiento genético es que, a diferencia de otras inversiones forestales, el incremento en retornos económicos, debido a una generación de mejoramiento, se sigue aprovechando la perpetuidad en generaciones sucesivas de plantaciones operacionales, sin gastos adicionales. Asimismo, la concentración y el control del proceso de producción de semilla en huertos semilleros reducen los gastos de recolección de semilla, brinda mayor confiabilidad en la producción de semilla- muy importante para fines de planificación- y permite mejorar su calidad fisiológica (Cornelius, 1994).

La rentabilidad de programas de mejoramiento genético forestal ha sido ampliamente demostrada tanto en el caso industrial (Swofford & Smith, 1972), como en el caso no industrial (Hamilton, Chaandler, Brodie, & Cornelius, 1995).

C. CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES A EVALUAR.

1. Caracteres que deben ser evaluados.

Como principio, todo carácter debe tener: a) un alto valor genético (heredabilidad), b) alta variación genética, c) preferiblemente de fácil medición (Zobel & Talbert, 1988).

La discusión más importante gira en torno a cuáles caracteres debe dársele más peso en la decisión final al calificar un árbol candidato como árbol plus. Debe tenerse presente que a pesar de que se selecciona el árbol como individuo, la unidad base del programa de mejoramiento genético y la decisión de su elección dependerá de la expresión de uno o varios caracteres o atributos sobresalientes. Hoy día podemos de manera simplificada agrupar las plantaciones forestales en 3 grandes tipos con objetivos y manejo diferentes (Vallejos, et al., 2010):

- Arboricultura: paisajismo, restauración y otros.
- Plantaciones para la producción máxima de biomasa por unidad de área (producción de fibra, carbón o energía).
- Plantaciones para la producción de madera sólida de alta calidad y mayor volumen por árbol.

Al ser la teca una especie utilizada exclusivamente para fines comerciales por su madera, Vallejos 2010 nos manifiesta que para la producción de madera de alta calidad y volumen por árbol individual, se privilegian árboles con características cualitativas de fuste más exigentes. Se elegirán árboles capaces de acumular mayor volumen individual y con alta dominancia apical como principal criterio de selección. Es decir, el ideotipo del árbol plus es aquel que invierte la mayor parte de su energía en el fuste y poco en ramas. Una mayor cantidad de caracteres deberán ser por tanto considerados en el momento de sancionar el árbol candidato a plus.

Por lo general se trabaja con caracteres cuantitativos o relacionados con un mayor volumen del árbol: a) diámetro a la altura del pecho; b) altura total; c) mayor altura comercial o punto donde pierde la dominancia apical. Así como caracteres cualitativos, más importantes que aseguren una mayor calidad del fuste para la producción de madera sólida que son por lo general: a) rectitud del fuste, b) alta dominancia apical, c) inserción de ramas al fuste lo más cercano al ángulo recto, d) ramas delgadas, e) sin bifurcación, f) sin ramas en reiteración, g) sin grano en espiral, h) sano y libre de enfermedades, i) vigoroso, j) sin gambas o aletones basales, k) sin cola de zorro (en *Pinus spp*) (Vallejos, et al., 2010).

2. Caracteres cuantitativos o aditivos.

Los caracteres asociados al volumen del fuste registran normalmente una baja heredabilidad (control genético), debido a que el ambiente de la plantación como densidad de siembra y competencia entre árboles, influye en gran medida en su desarrollo. Un carácter como el crecimiento de un árbol se estima que está controlado por una gran cantidad de *loci* que involucra una porción muy alta del genoma. Los valores de heredabilidad de estos caracteres raramente superan un 40% ($h^2 \leq 0,4$) (Cornelius, 1994).

Por el contrario, la altura total del árbol tiene un efecto menor de la competencia o ambiente de crecimiento. Dado que todo programa busca prioritariamente una mayor producción de volumen por árbol, se selecciona aquellos individuos con base en a) su superioridad en altura total y se utiliza en menor grado el criterio del b) diámetro a la altura del pecho. Puede entonces perfectamente elegirse a un individuo con base en su superioridad en altura, en relación con sus mejores 4 o 5 vecinos, a pesar de que su DAP no los supere (Vallejos, et al., 2010).

De esta manera se elige indirectamente aquellos individuos superiores en volumen, con base en un carácter de mayor control genético. Esta decisión permite disminuir el error tipo I, que típicamente ocurre cuando se eligen árboles únicamente por su buen crecimiento en

diámetro, cuya superioridad no se vuelve a repetir al ser plantado en otras condiciones ambientales. De modo que se elijan los individuos capaces de producir mayor volumen por árbol. Este criterio puede ser de utilidad en caso de duda sobre el vigor y crecimiento potencial del candidato. Puede ser utilizada para desempatar cuando algún vecino iguale en DAP al árbol candidato. El DAP del individuo con mayor cantidad de vecinos (competencia) es el de mayor mérito (Vallejos, et al., 2010).

3. Caracteres cualitativos.

Los caracteres cualitativos registran con frecuencia una mayor heredabilidad, debido a que, según se estima, están controlados por un número reducido de *loci* (por lo general $h^2 > 0,5$) y están sometidos a una menor presión del ambiente. Esto implica que un árbol superior a sus vecinos en algún carácter cualitativo, por ejemplo ausencia de grano en espiral, mantendrá esa superioridad en prácticamente cualquier ambiente en que se le plante. (Vallejos, et al., 2010).

En años recientes se ha desarrollado una metodología de evaluación de la calidad de los árboles, que integra todos los caracteres cualitativos en un solo colectivo denominado calidad. Se califica individualmente cada troza de 2,5 m de largo según sus atributos cualitativos para la producción de madera sólida hasta alcanzar los 10 m de altura del fuste o primeras 4 trozas (Murillo y Badilla 2004).

Los pesos asignados a cada troza corresponden con su aporte individual al volumen total del árbol. Con esta calificación individual de las primeras 4 trozas en cada árbol, se obtiene luego en oficina una nueva variable que se denomina calidad del árbol, que se calcula de la siguiente manera (Vallejos, et al., 2010):

$$\text{Calidad del árbol} = \text{calidad } t_1 * 0,4 + \text{calidad } t_2 * 0,3 + \text{calidad } t_3 * 0,2 + \text{calidad } t_4 * 0,1.$$

Donde “t” representa a la troza 1, 2, 3 y 4.

4. Bifurcación y la yema apical dominante.

Un árbol con una clara dominancia apical y vigoroso tiene una mayor probabilidad de no presentar bifurcaciones, pero también, la de no permitir la presencia de ramas gruesas, o ramas que compitan con el eje dominante denominadas reiteraciones. Este tipo de árboles invierten una mayor cantidad de energía en su fuste principal, que evita la desviación de energía hacia las ramas. Estos individuos son los que registran luego la mayor altura comercial y se han convertido en uno de los caracteres de mayor importancia durante la sanción de los árboles candidato en especies latifoliadas como la teca (Vallejos, et al., 2010).

5. Selección de los árboles en los sitios.

Si se logra encontrar algún individuo sobresaliente en un sitio sumamente marginal, es muy probable que se trate de un genotipo de alto potencial. Varias experiencias positivas se han obtenido con esta práctica. Individuos capaces de crecer en condiciones de sitio muy adversas, luego en sitios bien preparados y fertilizados logran un alto desempeño. La explicación está posiblemente relacionada con individuos, cuyo genoma permite que sean fisiológicamente más eficientes. Son genotipos que logran crecer y producir madera aún bajo alguna de las siguientes condiciones que por lo general, son las que explican en gran proporción la baja productividad de plantaciones forestales: baja fertilidad, alta saturación de acidez, alta compactación del suelo, baja precipitación, periodo seco prolongado, baja profundidad efectiva del suelo, entre los más relevantes (Vallejos, et al., 2010).

6. Árboles que deben ser seleccionados en una finca.

Un programa de mejoramiento genético debe basar su población de mejoramiento en unos 200 a 300 genotipos si pretende continuar con la obtención de ganancias genéticas a largo plazo (Zobel & Talbert, 1988). Sin embargo, para alcanzar este tamaño de población y evaluar en campo correctamente todos los individuos seleccionados, se requiere de muchos recursos, lo

cual imposibilita que una organización pequeña pueda en forma aislada pretender desarrollar un programa de este tipo. Por lo general en nuestro medio, un buen programa para una empresa logra seleccionar y evaluar adecuadamente unos 50 a 70 genotipos, según experiencia por más de 8 años de los investigadores (Vallejos, et al., 2010).

El mismo autor indica que según la experiencia generada por GENFORES en Costa Rica en 9 años de investigación la intensidad de selección (i) ha sido, en promedio, seleccionar 1 árbol plus por cada 15 000 a 20 000 individuos, que equivale aproximadamente a 1 árbol cada 15 a 20 ha. En casos críticos se ha logrado seleccionar un árbol cada 100 ha, y dependerá siempre de la disponibilidad real de plantaciones donde seleccionar.

Los árboles seleccionados deben estar bien identificados y georeferenciados en el campo, con el fin de facilitar los procesos de evaluación y de recolección de material vegetativo para su propagación e incorporación al programa de mejoramiento (Vallejos, et al., 2010).

Una vez que se ha evaluado los árboles en el campo se estima el volumen comercial de cada individuo con base en su DAP y altura comercial. La calidad general del árbol se obtiene del promedio de la calidad de sus trozas individuales, con una ponderación de cada troza según su posición dentro del fuste. La variable calidad del árbol genera valores entre 1 y 4, donde la mejor calidad tiene un valor de 1 (Vallejos, et al., 2010).

7. Validación de la superioridad fenotípica.

Para validar la superioridad fenotípica del árbol candidato con respecto a los demás, se analizan los 2 criterios fundamentales: los caracteres asociados al volumen y los asociados con la calidad del árbol. El volumen integra la relación diámetro y altura comercial o yema apical dominante, mientras que la calidad del árbol integra todas las otras variables cualitativas: diámetro de ramas, ángulo de inserción de ramas, presencia de gambas o aletones, de grano en espiral, sanidad, etc. Un árbol plus debe presentar características mínimas deseables como posición sociológica dominante, fuste muy recto, con ramas delgadas (grosor menor a 4 cm de

diámetro $< 1/3$ del DAP), ángulo de rama entre 45° a 90° , excelente estado fitosanitario, ausencia de gambas o aletones, ausencia de grano en espiral y por supuesto, la mayor altura comercial posible (Vallejos, et al., 2010).

El árbol plus debe superar a todos sus mejores vecinos en la parcela de comparación. Su superioridad debe ser con respecto a cada uno de sus vecinos individuales, y no tan solo con relación al promedio de sus vecinos. Si uno de los árboles vecinos supera al candidato en alguno de los caracteres de interés, entonces el vecino se convertirá en el nuevo candidato (Vallejos, et al., 2010).

La estimación de la ganancia genética esperada se la calculará con base en el Diferencial de Selección, clasificando a los árboles evaluados en 2 listas: aquellos que presentan superioridad marcada en volumen y en calidad con relación a todos sus mejores vecinos individuales (árboles plus de la lista A). De este grupo, los mejores 15 a 20 individuos conformarán la población comercial.

Mientras que aquellos individuos que no superen a alguno de sus vecinos en alguna de las 2 variables, se clasifican como árbol de la lista B. Se asume que poseen al menos un carácter deseable, que podría ser capturado a través de cruzas controladas en el programa de mejoramiento (Vallejos, et al., 2010).

D. PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LAS PLANTACIONES DE TECA.

La mayoría de los patógenos de la teca han sido identificados en sus países de origen como lo son la India y el lejano Oriente, con solo unos cuantos registrados en plantaciones en África, América y en áreas lejos de su región nativa. A pesar de esto, existe muy poca información disponible acerca de sus consecuencias económicas (Gibson, 1975 citado por Weaver, 2000).

Los árboles, como cualquier otra planta, son susceptibles de ataque de organismos fitófagos que pueden llegar a comprometer seriamente su sobrevivencia y progenie, en lo económico puede causar pérdidas importantes en la productividad y valor de los productos que se espera obtener de la especie (Pinzón, 2007).

Por su extensión y distribución las plantaciones forestales puras son un medio muy propicio para el desarrollo epidémico de problemas fitosanitarios, aumentando más aún si durante su establecimiento y desarrollo no se toman las medidas preventivas apropiadas como aclareos, raleos, control de maleza, entre otros (Pinzón, 2007).

Los problemas fitosanitarios representan una amenaza para los productos forestales, por lo que el desarrollo de conocimientos en este campo y la difusión de los mismos, es fundamental dentro de la silvicultura de plantaciones, y específicamente para la Teca (Pinzón, 1997).

Se considera a un insecto plaga forestal, cuando como consecuencia de sus daños, se producen pérdidas que afectan los valores ecológicos, económicos y sociales que se relacionan con los árboles forestales y de sombra (Coulson y Witter, 1990 citados por Pinzón, 1997).

Se reconoce como una enfermedad a todo cambio o alteración morfo-fisiológica, con suficiente duración e intensidad para causar perjuicio o cesación de la actividad vital. En una aceptación más amplia, se puede considerar como un disturbio en la estructura y funciones normales de la planta, afectando al desarrollo y calidad (Ramirez, 1997).

Un estudio realizado acerca de la incidencia de plagas y enfermedades presentes en cuatro plantaciones de Teca ubicados en la zona de Balzar, provincia del Guayas, correspondiente al litoral ecuatoriano, durante la época seca y lluviosa se concluyó que la única enfermedad a nivel vascular representativa fue la causada por *Ceratocytis* sp., mientras que la barrenación del duramen causada por *Oberea tripunctata* (Coleóptera, Cerambycidae) se

constituyó en el daño más importante para la Teca, puesto que compromete el valor económico del árbol (Flores Velasteguí, Crespo Gutierrez, & Cabezas Guerrero, 2010).

Las principales enfermedades presentes en las plantaciones de Teca son: quema de los brotes causado por *Ceratocystis* sp., pudrición radicular cuyo agente causal es *Phytophthora* sp., marchitez causado por *Colletotrichum* sp., *Olivea tectonae* causante de la roya, secamiento descendente cuyo agente causal es *Botryodiplodia theobromae*, marchitamiento del follaje causado por *Pestalotia palmarum* (Flores *et al.*, 2010).

Los insectos plagas más importantes encontrados en la Teca de la zona de Balzar son: *Atta* sp. (Hymenóptera, Formicidae), *Hemileuca maia* Drury (Lepidóptera, Saturniidae), *Schistocercu* spp. (Orthóptera, Acrididae), *Scolytus* sp. (Coleóptera, Scolytidae), *Phyllophaga* sp. (Coleóptera, Scarabaeidae), *Oncometopia* sp. (Homóptera, Cicadellidae), *Oberea tripunctata* (Coleóptera, Cerambicidae) (Flores *et al.*, 2010).

En la época lluviosa las enfermedades que tienen mayor incidencia son el marchitamiento causado por *Colletotrichum* sp. y *Ceratocystis* sp.. Los insectos de mayor incidencia en esta época son el pulgón *Hyadaphis erysimi* (Homóptera, Aphydidae), *Hortensia similis* (Homóptera, Cicadellidae) y *Phyllophaga* spp. (Coleóptera, Scarabaeidae) (Flores *et al.*, 2010).

Durante la época seca las enfermedades que tienen mayor incidencia son la roya *Olivea tectonae*, *Colletotrichum*, *Ceratocystis* sp. y *Phytophthora* spp. Los insectos plagas más importantes en esta época son las orugas defoliadoras *Hemileuca maia* Drury (Lepidóptera, Saturniidae), hormigas arrieras *Atta* sp. (Hymenóptera, Formicidae) y los perforadores de corteza *Scolytus* sp. (Coleóptera, Scolytidae) (Flores *et al.*, 2010).

IV. MATERIALES Y METODOS.

A. CARACTERISTICAS DEL LUGAR.

1. Localización.

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, ubicada en el Km 5 de la vía Quevedo-El Empalme, cantón Mocache, Provincia de los Ríos-Ecuador.

a) Ubicación Geográfica.

La Estación se encuentra a una altitud de 75 m.s.n.m. en las siguientes coordenadas geográficas, 79°21' de longitud occidental y 1°06' de latitud Sur.

2. Características Climáticas.

La temperatura promedio de la Estación es de 25.47 °C, con una humedad relativa de 85.84%, una precipitación promediada anual de 2223.85 mm y con valores de heliofanía de 898.66 horas/luz al año

Nota: INHAMI-Estación Experimental Tropical Pichilingue (promedios comprendidos entre 2010-2015).

3. Clasificación Ecológica.

Según Cañadas (1983) la Estación Experimental Tropical Pichilingue se encuentra ubicada en la zona de vida de formación ecológica Bosque Húmedo Tropical. (B.H.T)

B. MATERIALES.

1. Materiales de campo.

Para la realización del proyecto, se utilizó en campo los siguientes materiales: GPS, dendrómetro laser Criterion RD 1000, cinta métrica, fichas de registro, lapicero, machete, pintura en aerosol, brocha, vehículo.

2. Materiales y equipos de oficina e informáticos.

Tanto para la tabulación de datos como para la interpretación de resultados se utilizó los siguientes equipos y programas: computadora, impresora, Arc-gis, Microsoft Office.

C. METODOLOGIA.

1. Delimitación del área en estudio.

Para la delimitación geográfica del área donde se realizó el estudio se recorrió y georeferenció los sitios de ubicación de los rodales de *T. grandis* con un GPS, el recorrido sirvió a la vez, para buscar y ubicar a individuos sobresalientes en crecimiento y calidad de fuste, capaces de acumular mayor volumen individual y alta dominancia apical como principal criterio de selección.

2. Población de *T. grandis* en la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

Los árboles *T. grandis* evaluados en la E.E.T. Pichilingue de INIAP en su momento formaban parte de rodales establecidos en décadas pasadas, pero con el paso de los años y los diversos aprovechamientos realizados hoy se encuentran formando parte de linderos o en áreas

aisladas. Por la ubicación y para realizar un análisis adecuado para su estudio se los dividió en cuatro lotes, la evaluación se realizó de manera individual, estos árboles presentan una edad madura que comprende alrededor de 30 a 35 años.

3. Procedimiento para calificar los árboles en campo.

Cada uno de los árboles evaluados fueron georeferenciados con el uso del equipo de GPS (Sistema de Posicionamiento Global), e identificados con un número en el fuste a la altura del pecho, con pintura en spray color rojo. Los datos de cada árbol fueron registrados en un formulario construido para cada individuo (Ver anexo 1) y elaborado para el levantamiento de información en campo.

La calificación de los árboles se realizó considerando caracteres cualitativos y cuantitativos sugeridos en las metodologías por Zobel y Talbert (1988) y Vallejos, et al., (2010).

4. Variables evaluadas y calificadas.

a) Diámetro de altura al pecho (DAP).

Se midió el diámetro del fuste a una altura de 1,3 metros desde el suelo, con la ayuda del dendrómetro laser se tomó dos medidas, la primera en sentido Norte-Sur y la segunda en sentido Este-Oeste, los promedios se registraron en centímetros.

b) Altura total.

Se midió la distancia comprendida entre la base del árbol a nivel del suelo hasta el punto más alto de la copa del mismo, esta medición se la realizó con la ayuda del dendrómetro laser y se registró en metros.

c) Altura comercial.

Con la ayuda del dendrómetro laser se registró la altura desde la base del árbol (nivel del suelo) hasta donde inicia su copa (primera rama), esta variable se registró en metros en la hoja de campo

d) Volumen.

Para la estimación del volumen se utilizó la fórmula propuesta por Smaliang y utilizada para cálculos de volumen de madera en pie: $V = \left(\frac{\pi*d^2}{4}\right) * h * ff$. Donde V es volumen, d representa al diámetro, h es altura comercial y ff el factor de forma asignado para especies latifoliadas como lo es la teca que representa el valor de 0.7.

e) Rectitud del fuste.

Se calificó con el valor de 1 a los árboles con fuste recto y cilíndrico, aquellos individuos que no cumplieron estas características se calificó con 0.5 (Anexo 1).

f) Ángulo de inserción de las ramas al fuste.

El ángulo de inserción de las ramas al fuste debe encontrarse lo más cercano a los 90°, pudiendo llegar como punto máximo hasta los 45° ya que estas ramas dejan nudos más pequeños que los que poseen ángulos más finos y por ende la calidad de madera es superior y privilegiada, los árboles que presentaron esta característica fueron calificados con valor de mientras que individuos que poseían ramas con un menor grado de inserción se apuntaron con el valor de 0.5 (Anexo 1).

g) Grosor de las ramas.

Está directamente relacionado con el diámetro final de los nudos e influye en la calidad de la madera por la cicatrización en la poda, lo que nos sugiere que mientras menor sea el diámetro de la rama mayor será la calidad de la madera. Para esta selección se dividió en 2 grupos, las ramas delgadas que comprenden menos de $\frac{1}{4}$ del grosor del fuste en el punto de inserción y fueron calificadas con 1, las que se encuentran entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ del grosor del fuste se calificaron con el valor de 0.5 (Anexo 1).

h) Grano en espiral.

Se le conoce como tal cuando las fibras del fuste se alinean en una orientación helicoidal alrededor del eje del tallo, dando una apariencia retorcida al tronco después que se ha retirado la corteza. Se calificó con el valor de 1 la presencia de grano en espiral y 0.5 su ausencia (Anexo 1).

i) Gambas o aletones.

Son alteraciones a la forma circular propia del fuste que típicamente se desarrollan por el crecimiento del lado superior de las raíces, mientras mantiene el apoyo de los árboles; en este estudio se calificó con el número 1 la ausencia de las mismas y con el valor de 0.5 su presencia (Anexo 1).

j) Calidad de las trozas.

La calificación por trozas es un procedimiento utilizado para conocer el estado del árbol según sus atributos cualitativos para la producción de madera sólida. La calificación se hizo dando valores de 1 a 4 a cada troza (2.5 metros de largo), donde el valor de “1” significa excelente en todos los caracteres; el valor de “2” significó que se observaron defectos menores

en uno o varios caracteres (presencia de ramas gruesas, ángulo muy agudo de inserción de ramas al fuste, presencia de gambas pequeñas, rectitud levemente torcida, entre otros); se califica con un “3” cuando la troza registra defectos visibles y severos en varios caracteres que no permiten su utilización industrial en más de un 50%. Como ejemplo está un daño causado por alguna torcedura severa en el fuste. Finalmente se califica con el valor de “4” aquellas trozas claramente sin ninguna posibilidad de aserrío, por ejemplo, con torceduras excesivas, presencia de grano en espiral, bifurcada, dañada completamente por una plaga.

Una vez calificado las primeras cuatro trozas, se realizó el cálculo del valor para la variable Calidad del árbol, utilizando la siguiente formula:

$$\text{Calidad} = \text{Calidad Troza1} * 0,4 + \text{Calidad T2} * 0,3 + \text{Calidad T3} * 0,2 + \text{Calidad T4} * 0,1$$

Como se puede notar, la calidad del árbol es también el promedio ponderado de la calidad individual de sus primeros cuatro trozas comerciales. El peso ponderado de la troza en el fuste se basó en su aporte al volumen total de los primeros 10 metros de fuste (Murillo y Badilla, 2004):

Troza 1 = 40% (0 a 2,5m) Troza 2 = 30% (2,51 a 5m)

Troza 3 = 20% (5,01 a 7,5m) Troza 4 = 10% (7,51 a 10m)

Los pesos asignados a cada troza corresponden con su aporte individual al volumen total del árbol en sus primeros 10 metros de fuste comercial.

5. Análisis y representación de la información.

La georeferenciación individual de los árboles estudiados se transfirió desde el GPS al computador y con la ayuda del programa Arc-Gis se crearon mapas con coordenadas

geográficas de los individuos evaluados y su respectiva distribución en los cuatros lotes que se dividieron para el estudio.

Una vez registrado las variables dasométricas a los árboles en campo se estimó el volumen comercial de cada individuo con base en el DAP y la altura comercial, además de la ponderación de la calidad general del árbol y la calificación de variables cualitativas, valores importantes para la identificación de los mejores individuos de los lotes.

Se realizó un gráfico de distribución de frecuencias para las variables volumen ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), altura comercial (m) y diámetro a la altura del pecho (cm) para cada lote evaluado, con lo se pudo caracterizar adecuadamente la población de *T. grandis* de la Estación Experimental Pichilingue de INIAP.

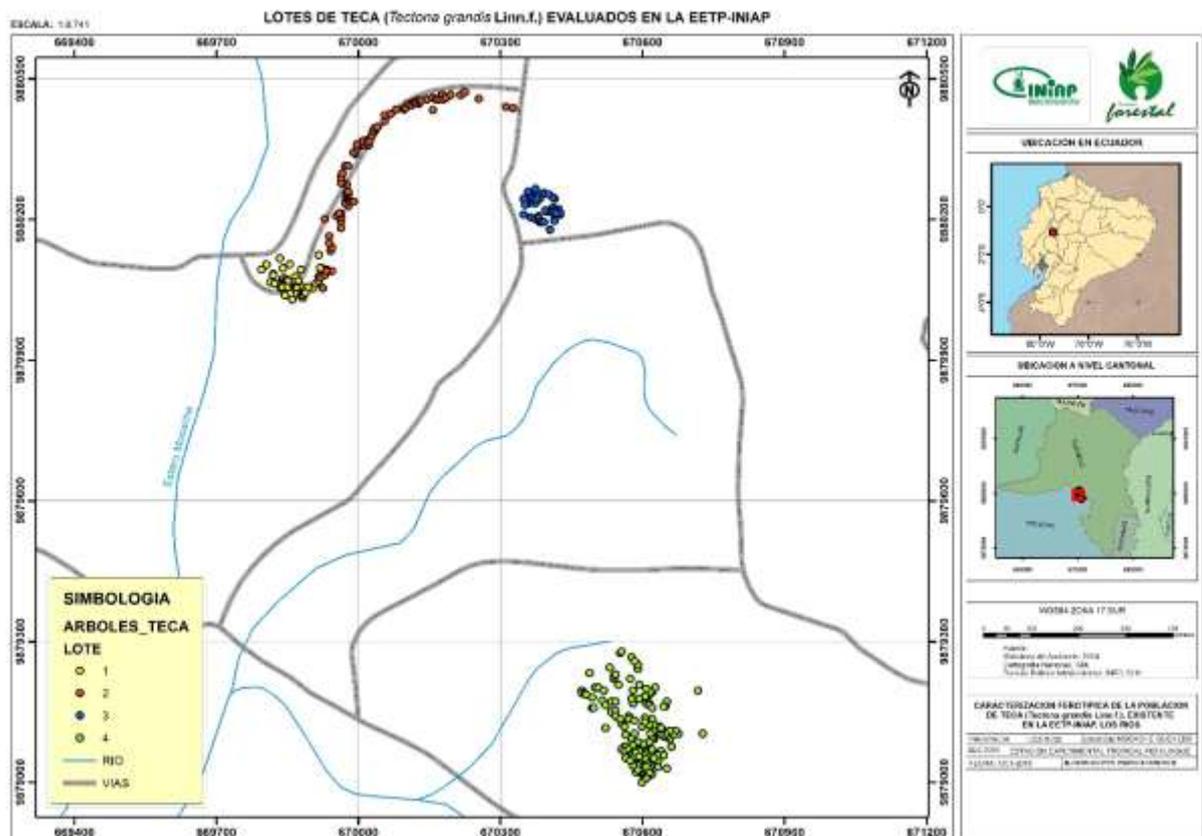
Para la calificación de la superioridad de los individuos de cada lote en estudio, se comparó el valor del individuo sobresaliente en cuanto rasgos heredables (altura, grosor de las ramas, grado de inserción de las ramas al fuste, presencia o ausencia de grano en espiral y aletones, y la calidad del árbol) con los demás árboles de su frecuencia presentes en el lote, para disminuir en algo el efecto de edad del árbol que no se conoce con exactitud.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A. IDENTIFICACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE LOS INDIVIDUOS EVALUADOS.

La población de Teca (*Tectona grandis*. Linn. f.) que al momento se encuentra desarrollándose en los terrenos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, conforman cuatro lotes de plantación con características distintas de relieve, pendiente y pedregosidad en el perfil de suelo. Anteriormente estos individuos formaban parte de los rodales establecidos en los 80s, con semillas producidas por un rodal establecido con los materiales de *T. grandis* introducidos al Ecuador en la década de los 50s, ahora por efecto de los diferentes aprovechamientos realizados solo quedan remanentes de dichos rodales, dispuestos en lindero, agrupaciones pequeñas y árboles aislados, (Mapa 1).

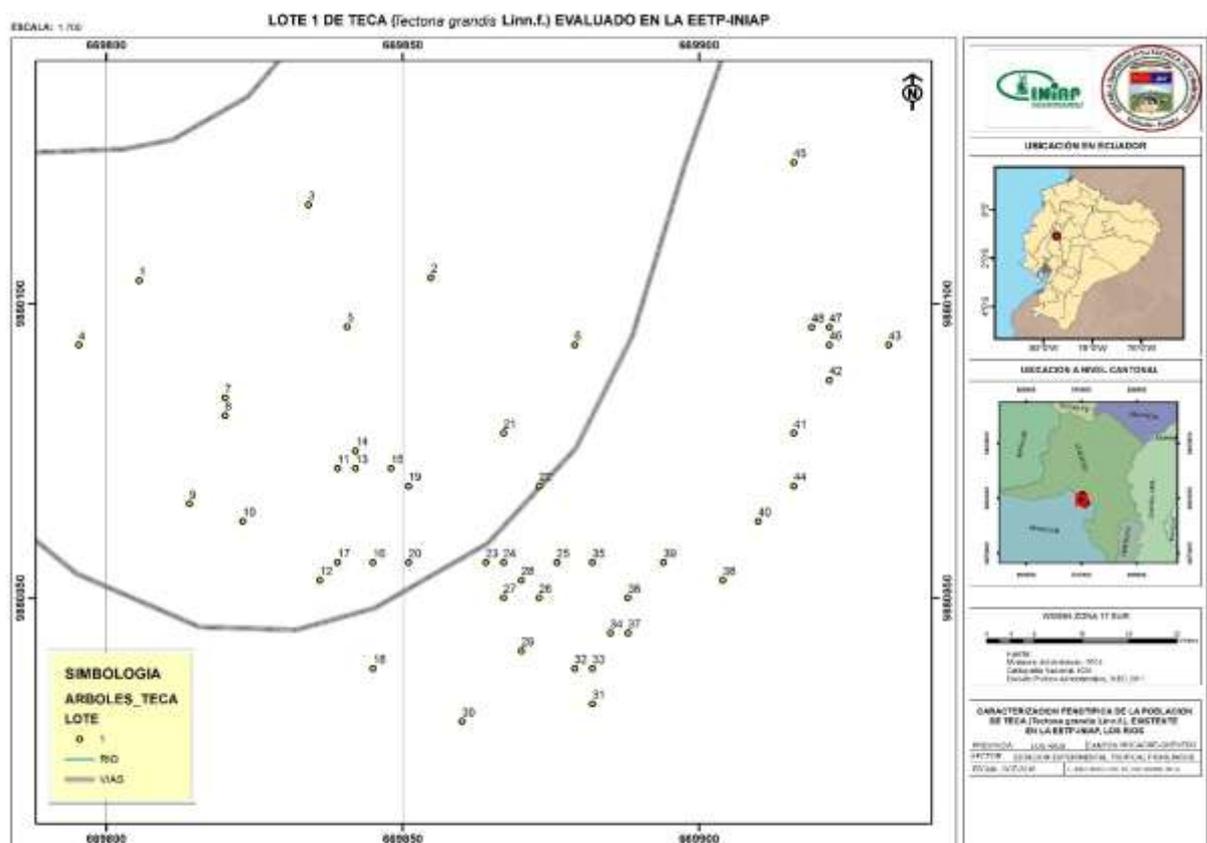
Mapa 1: Ubicación de los lotes de Teca evaluados en la EETP-INIAP.



Elaborado por: Barreiro P.

El lote 1 se encuentra ubicado entre las coordenadas 79°28' de eje longitudinal y 01°05' de latitud sur, pasando el puente sobre el Estero Mocache. Este lote es un remanente que consta de 48 individuos en pie ubicados de manera dispersa por los aprovechamientos realizados (Mapa 2). En términos generales los individuos no muestran características de interés para producción de madera sólida, ya que si bien poseen una buena altura, los rasgos de calidad del fuste no lo cumplen, se encontraron árboles con grano en espiral y aletones profundos, características que hacen que la primera tosa no sea útil desde el punto de vista de madera de calidad.

Mapa 2: Lote 1 evaluado en la EETP-INIAP.

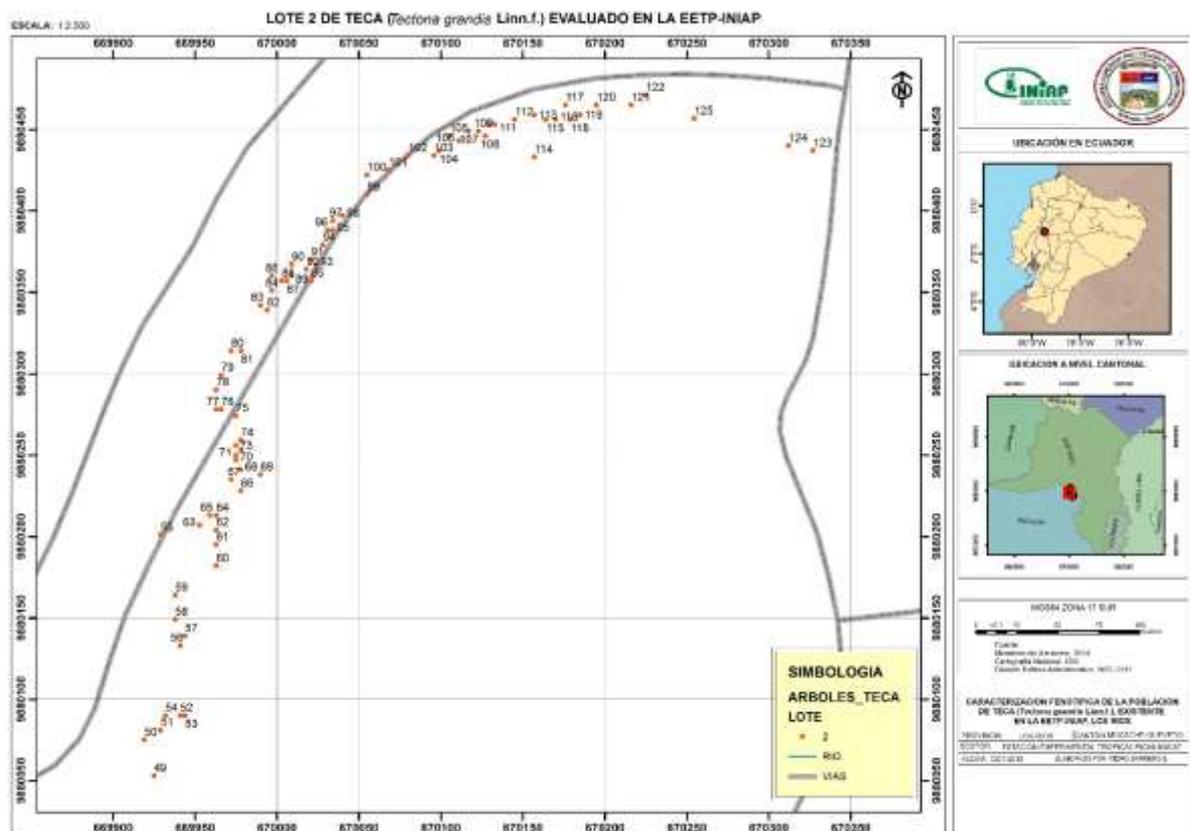


Elaborado por: Barreiro P.

El lote 2 en estudio se encuentra entre $79^{\circ} 28'$ de longitud occidental y $01^{\circ} 04'$ de latitud sur, aquí se encontraron 87 árboles dispuestos en lindero. Este lote se encuentra separado del lote 1 por un camino de tercer orden, los árboles aquí evaluados se encuentran creciendo en terreno inclinado o ladera con más del 50% de pendiente en algunos sectores y colindando con un bosque secundario; por lo que sus características morfológicas por efecto de calidad de sitio son menores que los individuos del primer lote que se encuentran en un terreno sin pendientes muy pronunciadas (Mapa 2).

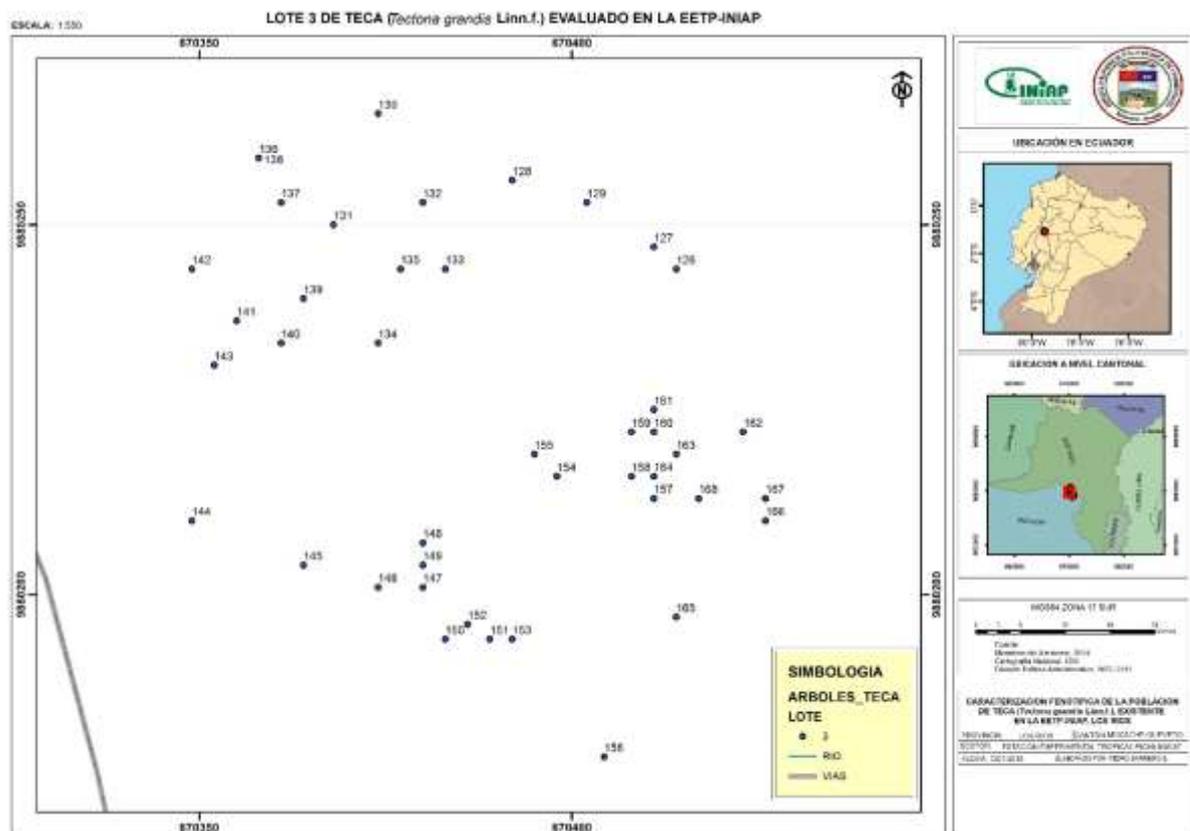
Los individuos presentes en este lote no muestran características del fuste de interés para producción de madera sólida, poseen menor altura que el lote 1, y también los rasgos de calidad del fuste no lo cumplen con las características requeridas para madera de calidad, se encontraron árboles con grano en espiral, fuste torcido, bifurcación a baja altura y aletones profundos.

Mapa 3: Lote 2 evaluado en la EETP-INIAP.



El lote 3 se encuentra en las coordenadas $79^{\circ}28'$ en el eje longitudinal y $01^{\circ}04'$ en el eje latitudinal, es un terreno es relativamente plano sin pendientes pronunciadas. , En este lote se identificaron 43 árboles en pie, mismos que se encuentran dispersos y distanciados entre sí, este lote probablemente se realizó poca intervención ya que no se observa un gran número de tocones en el terreno (Mapa 4) Los árboles encontrados presentan trozas de mejor calidad que los lotes anteriores, probablemente por el menor grado de intervención en el aprovechamiento.

Mapa 4: Lote 3 evaluado en la EETP-INIAP



Elaborado por: Barreiro P.

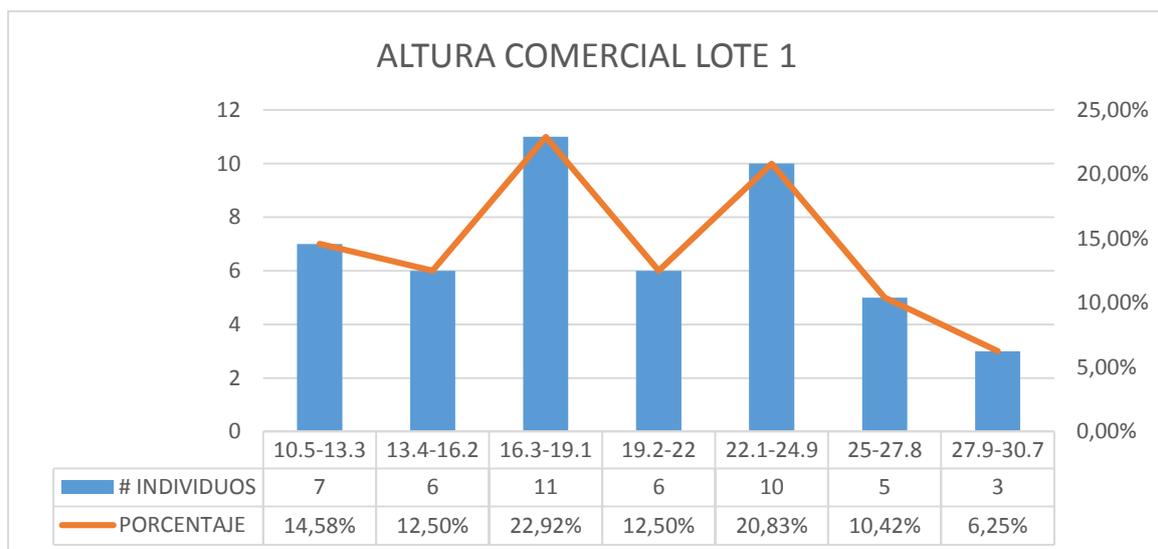
El lote 4 está ubicado en las coordenadas $79^{\circ}28'$ de longitud y $01^{\circ}05'$ latitud sur , se encontraron 143 individuos en pie, es un lote que muestra un menor grado de intensidad en los aprovechamientos con relación a los tres lotes anteriores, probablemente por falta de acceso para sacar las trozas; además se observa que no se realizó manejo silvicultural, factor que

altura comercial, diámetro de altura al pecho y se estimó el volumen de madera, realizando cuadros de distribución de frecuencias de cada variable para su interpretación.

1. Altura Comercial.

El Gráfico 1 muestra la distribución de frecuencias de clases de altura comercial de la población de *T. grandis* ubicada en el lote No.1; aquí podemos observar que las clase de altura comprendidas de 16.3 a 19.1 metros y 22.1 a 24.9 metros, son las que poseen el mayor número de individuos con relación a las otras clases de altura comercial presentes en el lote en evaluación y éstas representan el 43,81% de la población evaluada. Por otro lado, también se puede observar que el 72,92% de los individuos presentan alturas mayores a 13,3 m, que equivale a cinco trozas comerciales de 2,5m, lo que sugiere que la mayoría de los individuos son de gran tamaño, probablemente por su respuesta de los individuos al sitio y árboles que pueden tener alrededor de 30 años de plantados.

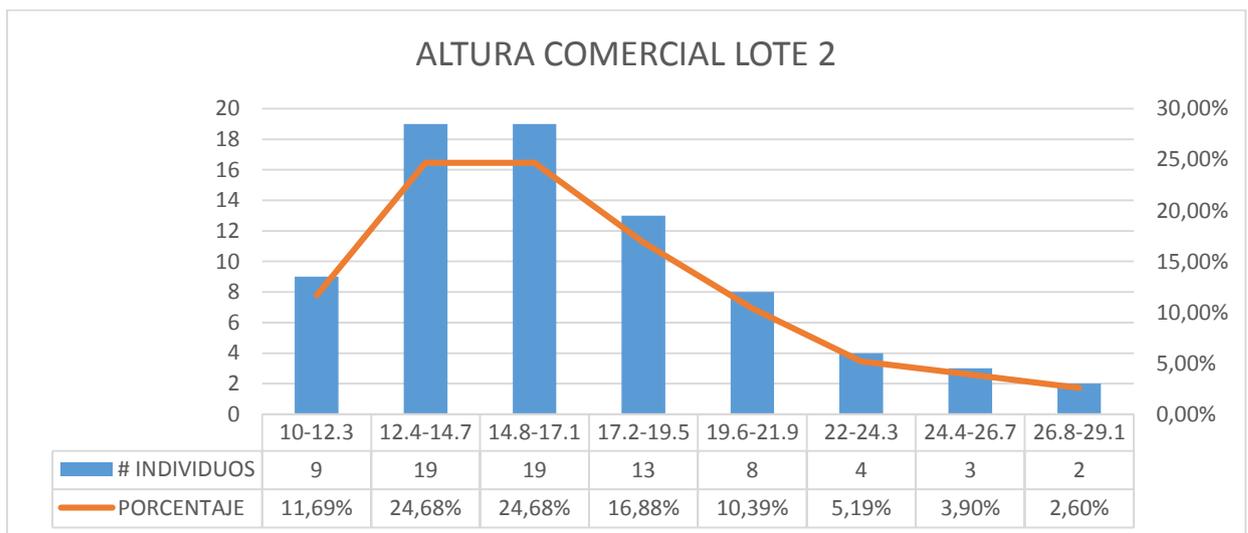
Gráfico 1: Distribución de frecuencias de la altura comercial en el Lote1.



Elaborado por: Barreiro P.

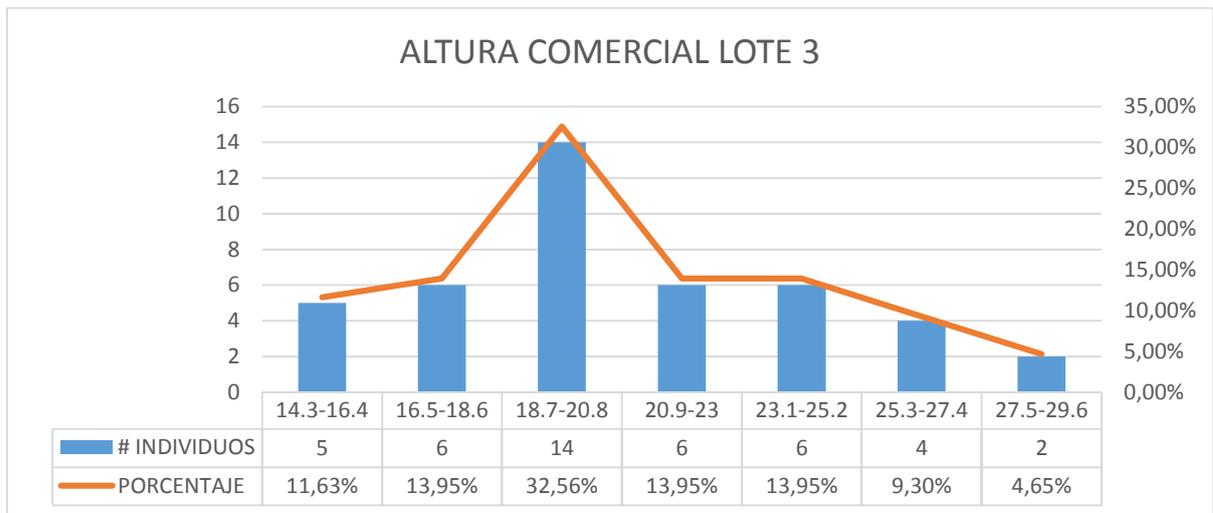
En el Gráfico 2 que corresponde a la distribución de frecuencias de clases de altura comercial de la población de *T. grandis* del lote 2, se observa que el mayor porcentaje de individuos corresponden a las clases que van desde los 12.4m hasta los 17.1m que se encuentran en el intervalo 2 y 3, representando un 49.36% del total de la población, con una media de 16.5m, una máxima de 27.4m y una mínima de 10m, todos los árboles sometidos a evaluación superan los 10m de altura comercial, lo que nos señala que el Lote 2 posee en su totalidad árboles bien desarrollados y comercialmente aprovechables con al menos cuatro trozas aprovechables.

Gráfico 2: Distribución de frecuencias de la altura comercial en el Lote 2.



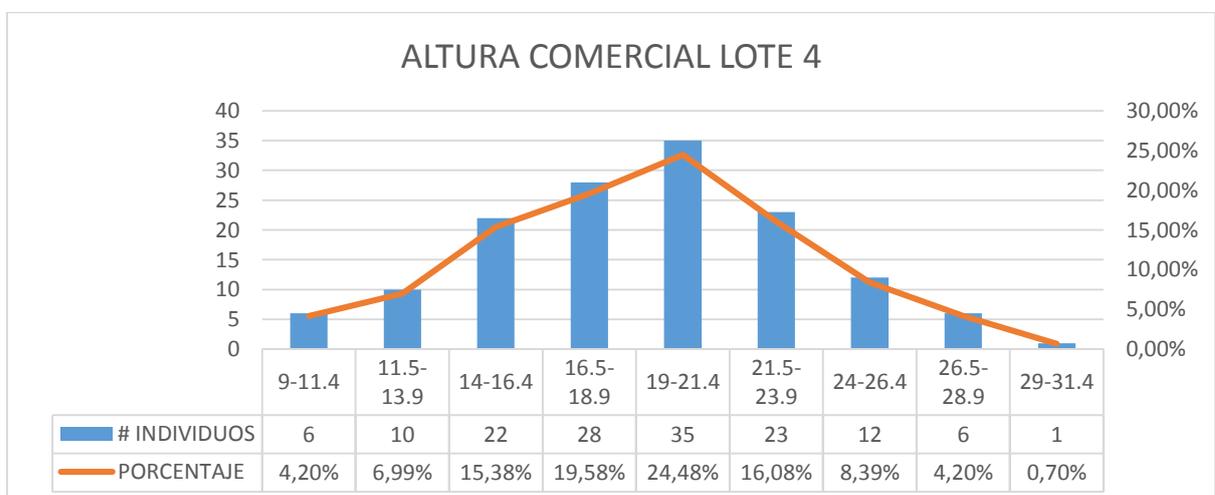
Elaborado por: Barreiro P.

La altura comercial del tercer lote, representada en el Gráfico 3, demuestra que existen árboles que miden desde los 14.3 metros hasta 28.7 metros, encontrándose la mayoría de individuos evaluados en el rango comprendido entre los 18.7 y 20.8 metros de altura representando un 32.56% del total de la población, y ninguno de los árboles evaluados llegaba a medir menos de 10 metros de altura comercial lo que denota su desarrollo superior en esta variable.

Gráfico 3: Distribución de frecuencias de la altura comercial en el Lote3.

Elaborado por: Barreiro P.

Con un total de 9 intervalos se puede observar en el Gráfico 4, que el mayor número de árboles evaluados del presente lote poseen alturas entre los 19 y 21.4 metros, representando al 24.48% de la población del lote 4. Este lote al igual que los anteriores demuestra desarrollo óptimo en cuanto a la altura comercial corresponde, ya que de cada uno de los árboles evaluados se pueden obtener como mínimo cuatro trozas maderables de 2.5 metros de longitud.

Gráfico 4: Distribución de frecuencias de la altura comercial en el Lote 4.

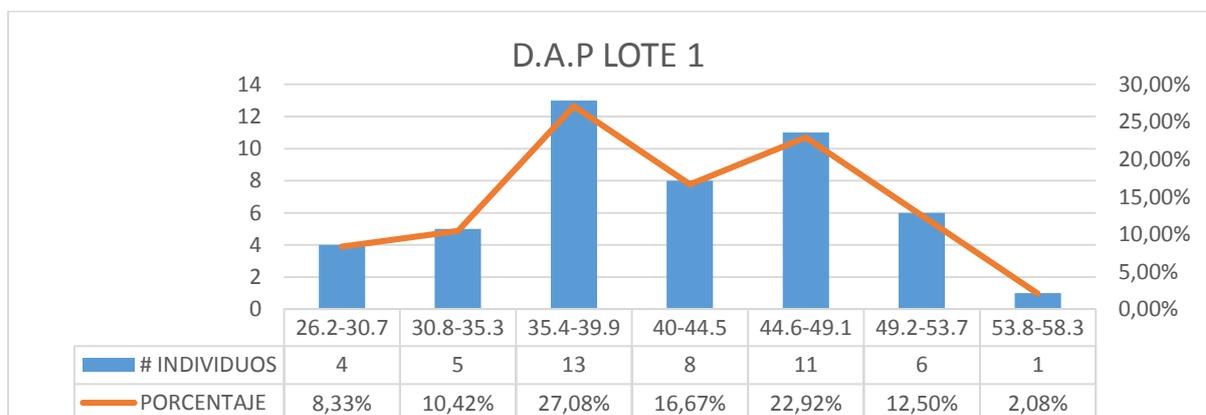
Elaborado por: Barreiro P.

En cuanto a la variable de altura comercial de los árboles evaluados, todos superan los 10 metros de altura, por lo que su desarrollo en esta variable ha sido el esperado por la edad y condiciones de la plantación, encontrando árboles muy bien desarrollados, siendo así que el promedio de la altura comercial del lote 1 es de 19.4 m, mientras que del lote 2 es de 16.8 m, del lote 3 es de 20.8 m y del lote 4 el promedio es de 19.2; alturas de árboles maduros y que superan las exigencias de corte de la especie que es de 4 trozas de 2.5 m de longitud como mínimo.

2. Diámetro de altura al pecho (DAP).

El Gráfico 5 muestra la distribución de frecuencias de clases diamétricas a la altura del pecho (1,3 m) de la población de *T. grandis* ubicada en el lote No.1; aquí podemos observar que las clases diamétricas 35,4 a 39,9 y 44,5 a 49,1 cm de DAP, son las que poseen el mayor número de individuos con relación a las otras clases diamétricas de su población y éstas representan el 45% de individuos evaluados. Por otro lado, podemos observar que el 8,33% de los árboles presentan un DAP menor a 30.7 cm y más del 90% de los individuos evaluados superan los 30 cm de diámetro que representa al diámetro mínimo de corta para el aprovechamiento maderable de esta especie.

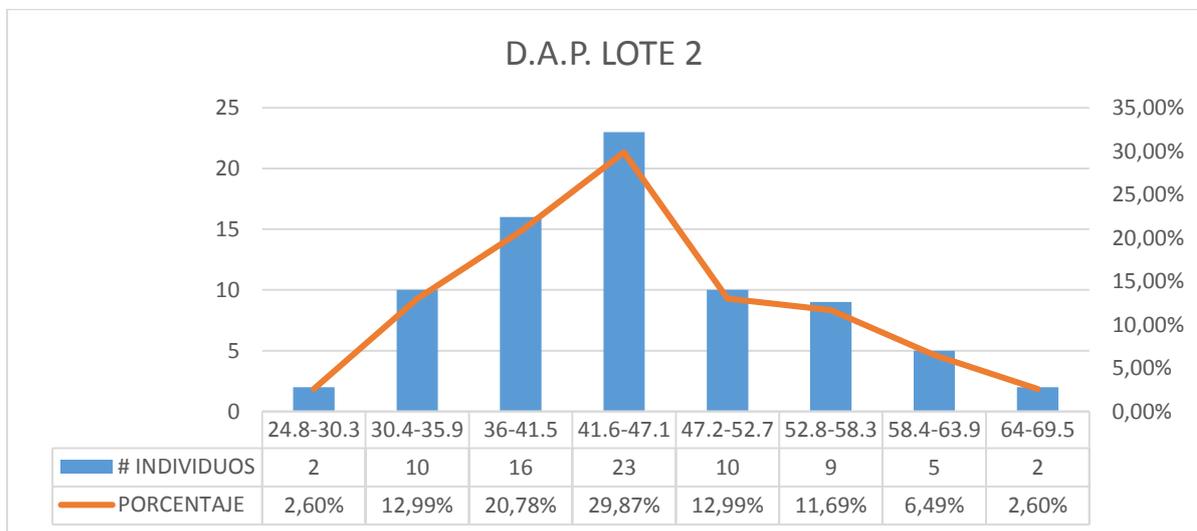
Gráfico 5: Distribución de frecuencias del diámetro de altura al pecho (DAP) en el Lote1.



Elaborado por: Barreiro P.

En el Lote 2 encontramos el mayor número de árboles en los intervalos comprendidos entre los 36 y 47.1 cm. de diámetro, con un total de 39 individuos que representan el 50,65% del total de la población. La media comprendida entre los 77 árboles fue de 44.7cm., cuyo diámetro menor fue de 24.8 cm. y el de mayor diámetro obtuvo 65.7cm.. Solamente 2 de los 77 individuos evaluados no alcanzan a superar los 30 cm, medida que se utiliza como diámetro mínimo de corta de la Teca.

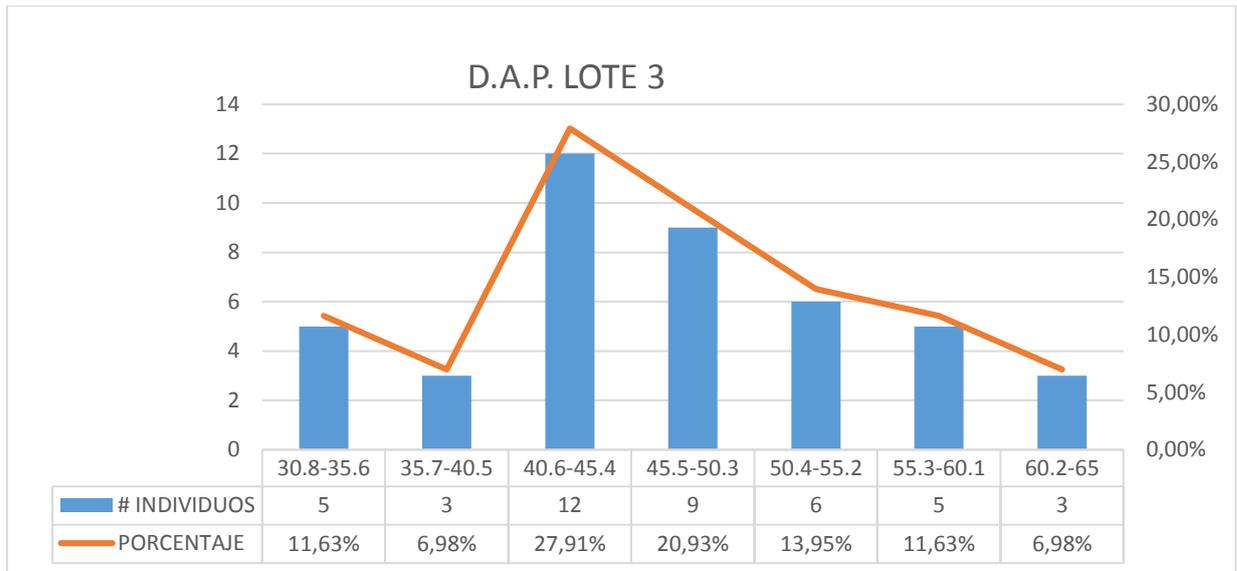
Gráfico 6: Distribución de frecuencias del diámetro de altura al pecho (DAP) en el Lote 2.



Elaborado por: Barreiro P.

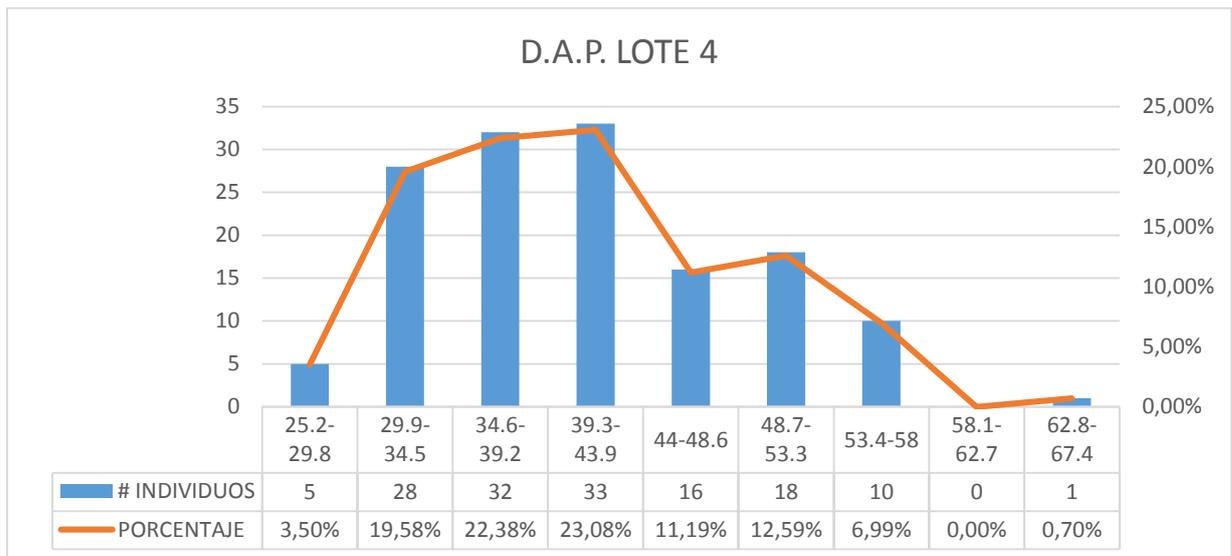
El lote 3 presenta clases diamétricas que van desde los 30.8 cm. hasta los 65 cm. de diámetro a la altura del pecho, encontrándose todos los individuos por encima del diámetro mínimo de corta para plantaciones de *T. grandis*. En este lote el 27.91% de individuos se encuentran entre los 40.6 y 45.4 cm de diámetro, siendo este intervalo el de mayor número de individuos.

Gráfico 7: Distribución de frecuencias del diámetro de altura al pecho (DAP) en el Lote 3.



Elaborado por: Barreiro P.

El Gráfico 8 muestra que el mayor número de individuos del lote 4 se encuentran en las clases diamétricas comprendidas entre los 34.6cm y 43.9cm, correspondientes a los intervalos 3 y 4 y que juntos representan a más del 45% de la población. Se observa también que existe un alto número de individuos que no alcanzan los 35cm de diámetro y solo un individuo que supera los 58cm, esto nos demuestra que al ser el lote con mayor número de población y menos intervención su desarrollo diamétrico no fue el mismo que el de los otros tres lotes, teniendo a individuos que no llegan a superar los 30 cm de DAP.

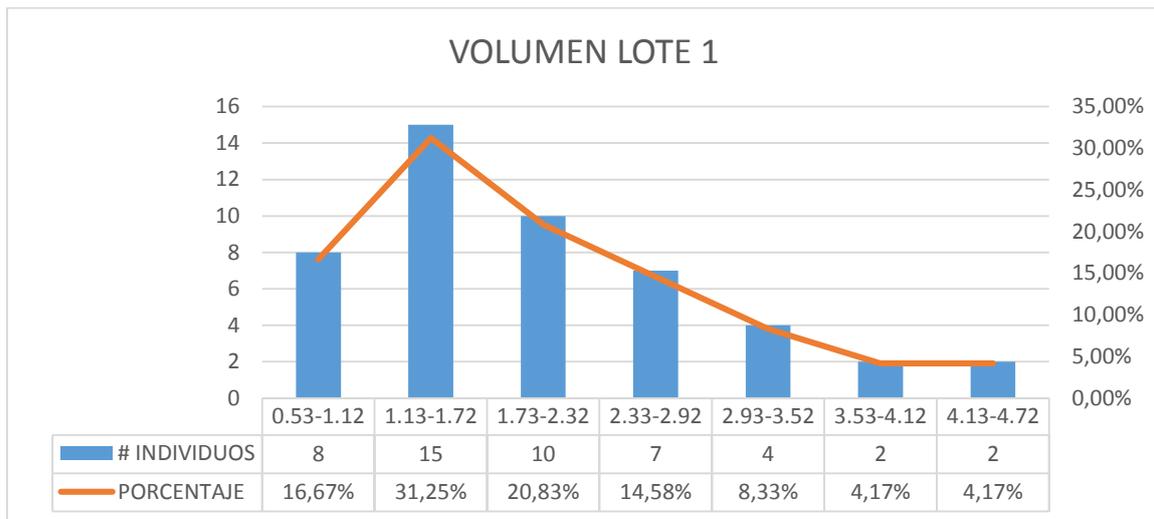
Gráfico 8: Distribución de frecuencias del diámetro de altura al pecho (DAP) en el Lote 4.

Elaborado por: Barreiro P.

En todos los lotes evaluados encontramos árboles que en su mayoría han alcanzado el diámetro mínimo de corta para la especie de *T. grandis*, que es de 30 cm de dap, solamente en los lotes 1, 2 y 4 encontramos un bajo porcentaje de árboles que no cumplen con ese diámetro, esto puede deberse a la competencia o a la posibilidad de que sean rebrotes de la primera generación aprovechada. Encontramos que los promedios del diámetro de altura al pecho para el lote 1 es de 41.3 cm, del lote 2 es de 44.8 cm, en el lote 3 el promedio es de 46.9 cm y en el lote 4 el promedio fue de 40.9 cm.

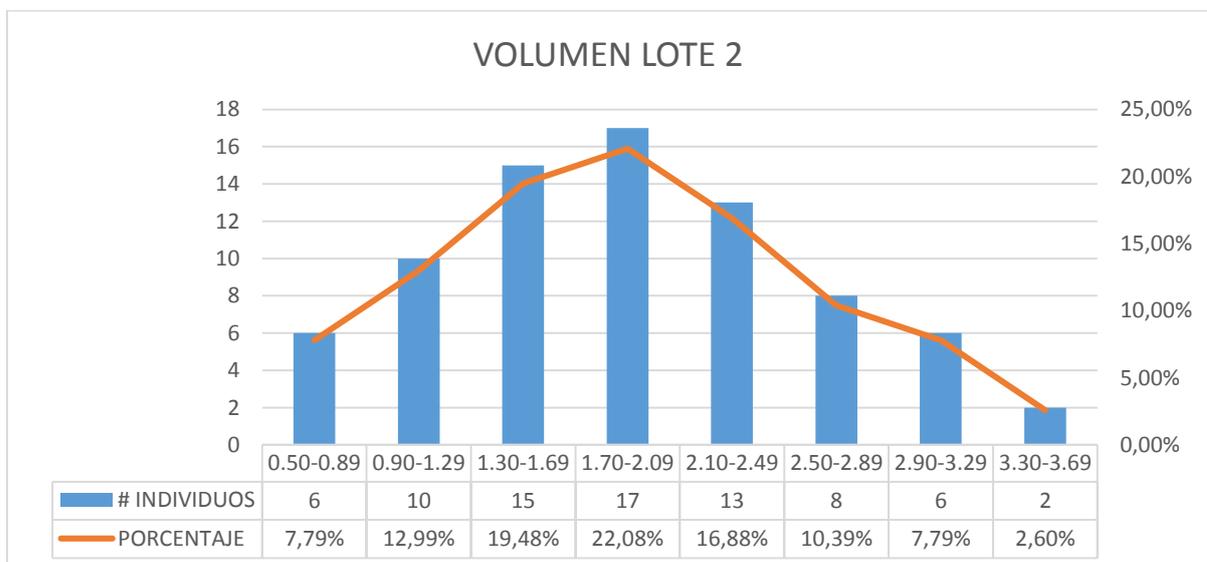
3. Volumen.

En cuanto al volumen respecta, el Gráfico 9 de distribución de frecuencias, muestra que los árboles superan en su mayoría el metro cúbico de madera aprovechable, corroborando así que el lote 1 consta de un desarrollo óptimo en cuanto al volumen de madera, ya sea por su dispersión en el área, poca competitividad, condiciones ambientales y demás factores que pudiesen haber influenciado en el desarrollo volumétrico de los individuos de la población.

Gráfico 9: Distribución de frecuencias del volumen en el Lote 1.

Elaborado por: Barreiro P.

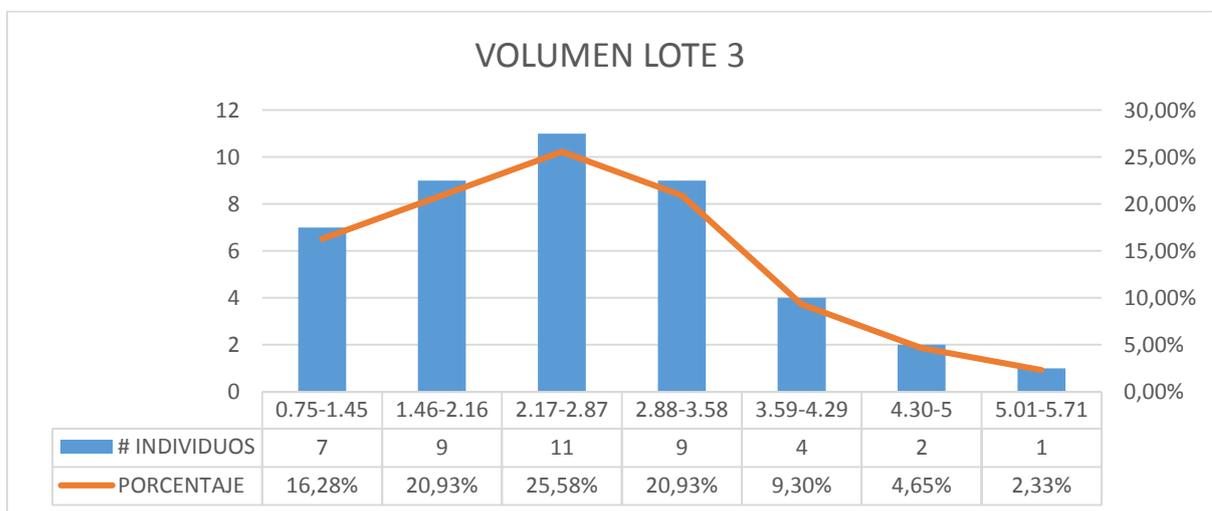
Los datos correspondientes al volumen del Lote 2 nos muestran en el Gráfico 10 que el mayor porcentaje de individuos se encuentran presentes en el intervalo 4 que va desde los 1.70 hasta los 2.09 metros cúbicos de madera, representando a un 22.08% del total de la población, denotando así que la población consta de igual manera que en el lote 1 individuos desarrollados que alcanzan valores que superan en su mayoría al metro cúbico por árbol.

Gráfico 10: Distribución de frecuencias del diámetro del volumen en el Lote 2.

Elaborado por: Barreiro P.

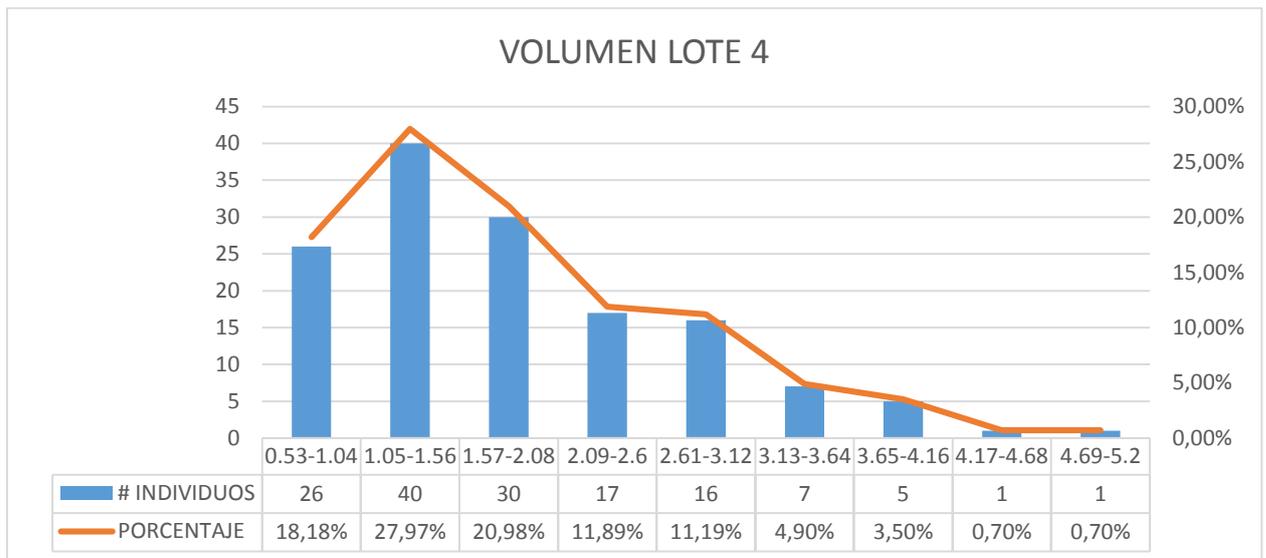
El Gráfico 11 que corresponde a la distribución de frecuencias en cuanto al volumen del lote 3, indica que el 65% de individuos se encuentran entre los 1.46 y 3.58 m³ de volumen correspondientes a en los intervalos 2, 3 y 4. El desarrollo volumétrico del lote es similar al de los lotes 1 y 2 ya que se pueden encontrar árboles que no superan el metro cúbico de madera hasta árboles que superen los 5 metros cúbicos de madera, debido a la heterogeneidad de crecimiento y desarrollo dada en el presente lote.

Gráfico 11: Distribución de frecuencias del volumen en el Lote 3.



Elaborado por: Barreiro P.

En el Gráfico 12, que presenta los intervalos de clase respectivos al volumen de madera de los árboles del Lote 4, muestra que el mayor número de individuos se encuentran ubicados en el intervalo número 2 que alcanza un 27.97% del total de la población. Los datos obtenidos del volumen nos muestran que existe una gran amplitud de valores, con una mínima que va desde los 0.5m³ hasta los 4.8m³, y una media de 1.9 m³, corroborando así los datos obtenidos en DAP (Gráfico 8) y altura comercial (Gráfico 4) que nos muestran diferencias marcadas en el desarrollo de los individuos del lote.

Gráfico 12: Distribución de frecuencias del volumen en el Lote 4.

Elaborado por: Barreiro P.

La evaluación de la variable volumen demuestra que los árboles caracterizados han alcanzado un desarrollo superior en cuanto a volumen de madera sólida, encontrándonos con promedios de 1.9 m³ tanto para el lote 1 como para el lote 2 y para el lote 4, mientras que para el lote 3 el promedio de volumen fue de 2.6 m³, siendo este lote el de mayor volumen por individuo evaluado, debido a que sus árboles presentan más homogeneidad en cuanto a desarrollo de altura y diámetro que el resto de lotes evaluados.

C. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS

Las variables cualitativas fueron evaluadas con todas las exigencias que la investigación propone, ya que el porcentaje de heredabilidad de las variables cualitativas es superior al de las variables cuantitativas. La evaluación de las mismas nos indica que a pesar de tener árboles muy bien desarrollados en cuanto altura y diámetro, la calidad de madera encontrada no fue la óptima en su gran mayoría, como se puede observar mediante los siguientes resultados.

1. Rectitud del fuste.

En el Gráfico 13 se presenta la distribución de la variable rectitud del fuste en cada uno de los lotes en evaluación. El lote 1 en evaluación se muestra como el de menor calidad para ésta variable, en razón de que únicamente el 50% de sus individuos cumplen con esta característica de calidad de madera sólida. El 74 % de los individuos presentes en el lote de evaluación tres, poseen una rectitud adecuada para madera de calidad; los lotes dos y cuatro presentan individuos de buenas características entre el 57 y 63 %. Esto nos indica el grado de importancia con el que se seleccionaron los individuos al momento del trasplante, así como también la baja calidad genética de los mismos con base en esta variable.

Gráfico 13: Rectitud del fuste de los árboles evaluados.



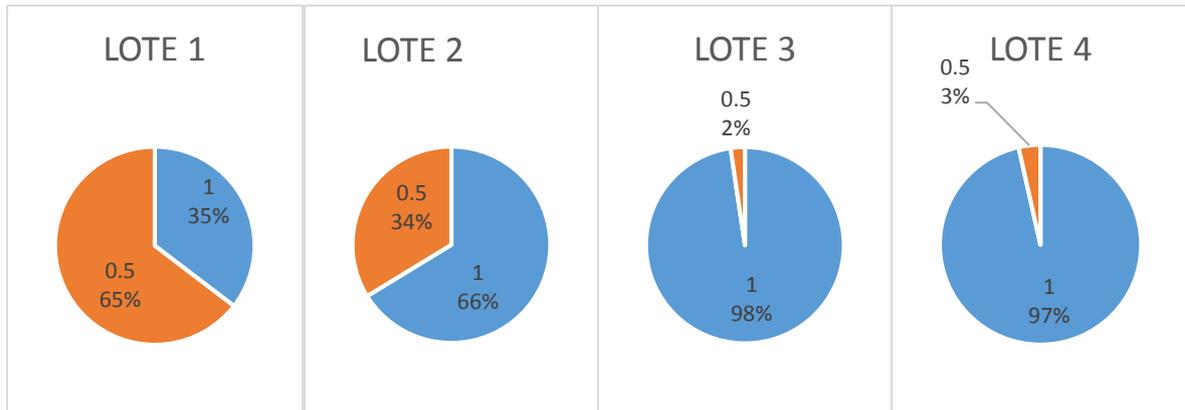
Elaborado por: Barreiro P.

2. Ángulo de inserción de las ramas al fuste.

En el Gráfico 14 se puede observar que los individuos de los lotes 3 y 4 en su gran mayoría cuentan con ramas cuyo ángulo de inserción al fuste alcanzan los 90° dándole así a su madera mejor calidad que aquellos que no cumplen con dicha característica. Por otro lado en el lote 1 encontramos que el 65% de los individuos evaluados no cumplen con dicha característica

los que nos confirma que a pesar de ser árboles bien desarrollados en cuanto a variables cuantitativas, en su gran mayoría no son árboles de calidad de madera sólida óptima para la industria.

Gráfico 14: Ángulo de inserción de las ramas en los árboles evaluados.

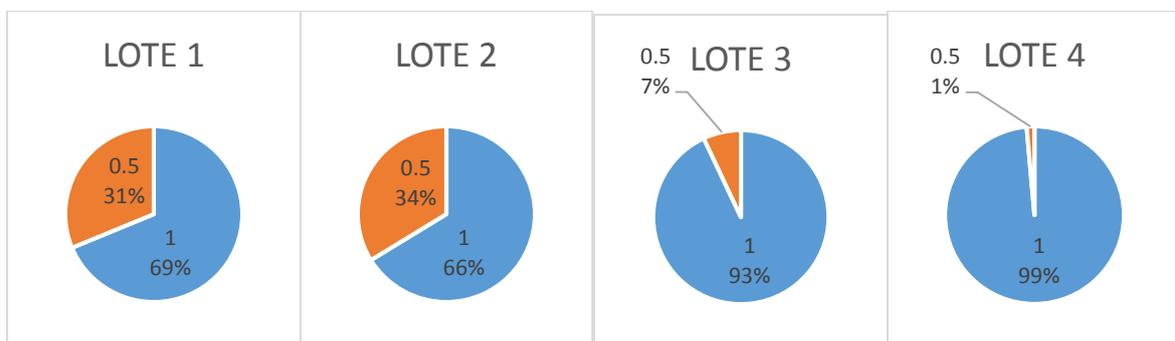


Elaborado por: Barreiro P.

3. Grosor de las ramas.

El Gráfico 15 indica el porcentaje de individuos por lote cuyas ramas no superan el $\frac{1}{4}$ de grosor del fuste en su punto de inserción, como se puede observar tan solo en el lote 3 y 4 encontramos que más del 90% de árboles evaluados muestran calidad óptima en cuanto a la variable evaluada, mientras que en el lote 1 y 2 los árboles que no cumplen con las exigencias de la evaluación superan el 30% del total de la población.

Gráfico 15: Grosor de las ramas de los árboles evaluados.

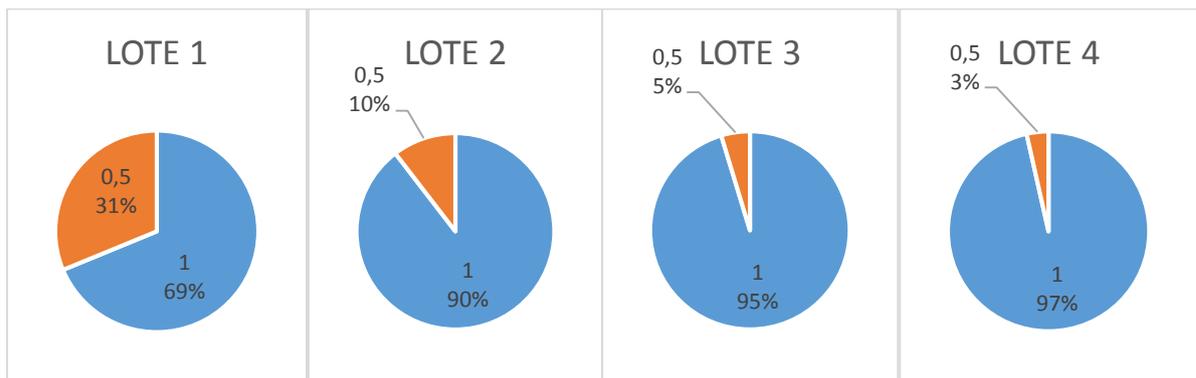


Elaborado por: Barreiro P.

4. Grano en espiral.

Esta alteración genética es de alto índice de heredabilidad por lo que su calificación se hizo de manera meticulosa, encontrando que solamente en el lote 1 se encuentra un 35% de individuos con presencia de grano en espiral, mientras que en los demás lotes evaluados esta característica no supera el 10% del total de árboles evaluados por lote. En el lote 4 que es el de mayor número de individuos encontramos que de los 143 árboles evaluados tan solo un 3% presentan grano en espiral.

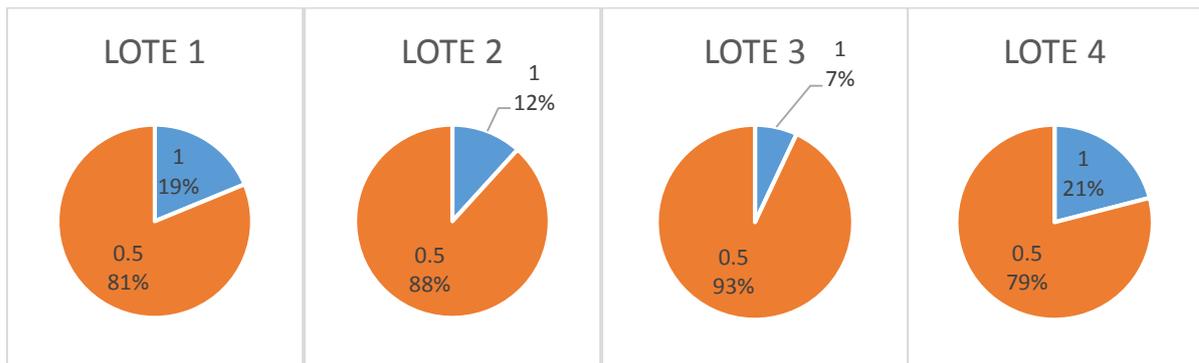
Gráfico 16: Grano en espiral en los árboles evaluados.



Elaborado por: Barreiro P.

5. Gambas o aletones.

En el Gráfico 17 se presenta la variable gambas o aletones en cada uno de los lotes en evaluación, donde se observa que en todos los lotes los árboles que presentan gambas o aletones superan en gran medida a los individuos que no poseen esta característica, a diferencia de las demás variables evaluadas los árboles con presencia de gambas llegan a superar el 80% del total de la población, inclusive en el lote 4 que a pesar de su baja intervención maderera presenta un alto número de árboles de mala calidad para esta variable.

Gráfico 17: Gambas o aletones en los árboles evaluados.

Elaborado por: Barreiro P.

6. Calidad del fuste.

En el Gráfico 18 se presenta la distribución de la variable calidad del fuste en cada lote evaluado. Como se indica en la metodología se calificó en la escala del 1 al 4 la calidad del fuste por trozas, donde los árboles que no obtuvieron calificación óptima de 1 se los registró con 0.5. En lote 1 no se encuentra un solo árbol de calidad de trozas óptima, mientras que en el lote 2 y 3 encontramos que solo un 3 y 4% de los árboles evaluados cumplen con la calidad de madera, y es en el lote 4 donde encontramos que el 10% de sus individuos obtuvieron calificación óptima de 1, esto debido a la poca intervención que se dio a través de los años, sobreviviendo hasta la fecha de evaluación, aunque en muy bajo porcentaje, aquellos individuos de buena calidad para la industria maderera.

Gráfico 18: Calidad de fuste de los árboles evaluados.

Elaborado por: Barreiro P.

D. INDIVIDUOS DE CARACTERÍSTICAS SUPERIORES AL RESTO DEL RODAL.

Para la validación de la superioridad de los mejores árboles por frecuencia en cuanto a la altura comercial se los comparó con los demás miembros de su intervalo, no solo evaluando la variable altura, sino también factores correspondientes a rectitud del fuste, grado de inserción de las ramas, grosor de las ramas, grano en espiral, gambas o aletones y la calidad de las trozas.

Cornelius 1994, explica que tanto el diámetro como la altura registran normalmente una baja heredabilidad, debido a que el ambiente de la plantación como densidad de siembra y competencia entre árboles, influye en gran medida en su desarrollo, mientras que los caracteres cualitativos registran con frecuencia una mayor heredabilidad, esto implica que un árbol superior a sus vecinos en algún carácter cualitativo, por ejemplo ausencia de grano en espiral, mantendrá esa superioridad en prácticamente cualquier ambiente en que se le plante.

Utilizando la distribución de frecuencias para la altura comercial se pudo comparar al mejor individuo de cada frecuencia tomando en cuenta también sus variables cualitativas evaluadas en el estudio y compararlo con los demás miembros de dicha frecuencia, así se pudo comprobar su superioridad ante el resto del rodal. Los individuos que presentaron superioridad en cada lote fueron los siguientes.

1. Lote 1.

En el Cuadro 1 podemos observar árboles muy bien desarrollados en altura pero ninguno obtuvo una calificación óptima en cuanto a las variables cualitativas evaluadas, esto nos indica que no existe en este lote ningún árbol que cumpla con las exigencias de la evaluación. Los 47 árboles evaluados en este lote presentaron variables de altura, diámetro y volumen bien desarrolladas, sin embargo en cuanto a calidad de madera respecta no se encontraron individuos

sobresalientes, debido a la presencia de gambas, grano en espiral, inserción de ramas y demás variables cualitativas.

Cuadro 1: Árboles superiores en cuanto a la altura comercial en el Lote 1.

ALTURA COMERCIAL			VARIABLES CUALITATIVAS					
INTERVALO DE CLASE	ÁRBOL #	m	RECTITUD DEL FUSTE	ÁNGULO DE RAMAS	GROSOR DE RAMAS	GRANO ESPIRAL	ALETONES	CALIDAD DEL FUSTE
10.5-13.3	16	13.1	1	0.5	0.5	1	1	0.5
13.4-16.2	30	15.7	0.5	1	1	1	1	0.5
16.3-19.1	26	18.1	1	0.5	1	1	1	0.5
19.2-22	4	21.3	1	1	1	1	0.5	0.5
22.1-24.9	14	24.6	0.5	1	1	1	0.5	0.5
25-27.8	38	26.9	1	1	1	1	0.5	0.5
27.9-30.7	42	29.4	1	1	1	1	0.5	0.5

Elaborado por: Barreiro P.

2. Lote 2.

En el cuadro 2 se pueden observar a los individuos superiores en cuanto altura comercial del lote 2, a pesar de las diversas intervenciones y la irregularidad del terreno, se pudo encontrar aún en este lote a individuos que poseían variables cualitativas óptimas y desarrollo volumétrico adecuado, de un total de 87 árboles evaluados encontramos dos individuos, los árboles 86 y 87 que presentan cualidades fenotípicas óptimas según las exigencias del estudio.

Cuadro 2: Árboles superiores en cuanto a la altura comercial en el Lote 2.

ALTURA COMERCIAL			VARIABLES CUALITATIVAS					
INTERVALO DE CLASE	ÁRBOL #	m	RECTITUD DEL FUSTE	ÁNGULO DE RAMAS	GROSOR DE RAMAS	GRANO ESPIRAL	ALETONES	CALIDAD DEL FUSTE
10-12.3	89	12.3	1	1	1	1	0.5	0.5
12.4-14.7	100	14.5	1	1	1	1	1	0.5
14.8-17.1	60	16.6	1	1	1	1	0.5	0.5
17.2-19.5	86	17.9	1	1	1	1	1	1
19.6-21.9	87	20.8	1	1	1	1	1	1
22-24.3	77	23	1	1	1	1	0.5	0.5
24.4-26.7	104	25.6	0.5	1	1	1	0.5	0.5
26.8-29.1	124	27.4	0.5	1	1	1	0.5	0.5

Elaborado por: Barreiro P.

3. Lote 3.

A pesar de que el lote 3 que posee individuos bien desarrollados en cuanto a volumen, altura y diámetro respecta (ver Gráfico 9), solo presenta un individuo con características óptimas en cuanto a las variables cualitativas evaluadas, el árbol número 159, no solo es sobresaliente en calidad del árbol, también es superior en cuanto a la variable de altura comercial.

Cuadro 3: Árboles superiores en cuanto a la altura comercial en el Lote 3.

ALTURA COMERCIAL			VARIABLES CUALITATIVAS					
INTERVALO DE CLASE	ÁRBOL #	m	RECTITUD DEL FUSTE	ÁNGULO DE RAMAS	GROSOR DE RAMAS	GRANO ESPIRAL	ALETONES	CALIDAD DEL FUSTE
14.3-16.4	166	15.7	1	1	1	1	0.5	0.5
16.5-18.6	126	18.4	1	1	1	1	0.5	0.5
18.7-20.8	159	20.5	1	1	1	1	1	1
20.9-23	132	22.8	0.5	1	1	1	0.5	0.5
23.1-25.2	142	24.7	1	1	1	1	0.5	0.5
25.3-27.4	165	27.4	1	1	1	1	0.5	0.5
27.5-29.6	151	28.7	0.5	1	1	1	0.5	0.5

Elaborado por: Barreiro P.

4. Lote 4.

A pesar de ser el lote más numeroso (143 árboles evaluados) tan solo uno de los árboles que demostraron superioridad en cuanto a la altura comercial, presenta cualidades fenotípicas óptimas, el árbol 197. A pesar de que en este lote se encontraron árboles de características fenotípicas sobresalientes en comparación con los demás lotes evaluados no se encontraron árboles que sean superiores tanto en las variables cualitativas como cuantitativas.

Cuadro 4: Árboles superiores en cuanto a la altura comercial en el Lote 4.

ALTURA COMERCIAL			VARIABLES CUALITATIVAS					
INTERVALO DE CLASE	ÁRBOL #	m	RECTITUD DEL FUSTE	ÁNGULO DE RAMAS	GROSOR DE RAMAS	GRANO ESPIRAL	ALETONES	CALIDAD DE TROZA
9-11.4	302	11.1	1	1	1	1	0.5	0.5
11.5-13.9	211	13.9	1	1	1	1	0.5	0.5
14-16.4	194	16.0	1	1	1	1	1	0.5
16.5-18.9	197	18.4	1	1	1	1	1	1
19-21.4	236	21.3	1	1	1	1	1	0.5
21.5-23.9	214	23.8	1	1	1	1	0.5	0.5
	288	23.8	1	1	1	1	0.5	0.5
24-26.4	206	26.3	1	1	1	1	0.5	0.5
26.5-28.9	190	28.8	0.5	1	1	1	0.5	0.5
29-31.4	173	29.2	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5

Elaborado por: Barreiro P.

VI. CONCLUSIONES.

1. La población de *T. grandis* de la EE Pichilingue de INIAP, se presenta distribuida en forma heterogénea, los árboles se encontraron en grupos desbalanceados, en linderos, árboles dispersos y aislados, con rangos amplios en sus variables dasométricas, probablemente por un efecto de edad del árbol, y en su mayoría con malas características de calidad de madera sólida.
2. El 78% de los árboles evaluados superan el volumen del fuste que alcanzan los árboles individuales en rodales de sitios de buena calidad, en un turno de 20 años (1.2 m³), pero gran parte de éste volumen carece de valor comercial por su mala calidad para madera sólida; esto sugiere que los árboles estudiados son maduros y aislados por alguna razón.
3. A pesar de presentar un desarrollo volumétrico individual superior a los volumen alcanzados por la especie a nivel de rodal el 95% de individuos evaluados no cuentan con características morfológicas requeridas para el aprovechamiento industrial de la madera de *T. grandis*.
4. El estado fitosanitario de los árboles evaluados es relativamente bueno, ya que no presentaron un grado de ataque de plaga o enfermedad considerable desde el punto de vista económico.
5. Debido a los diferentes aprovechamientos realizados en los rodales de *T. grandis* de la EE Pichilingue sin considerar la identificación y conservación de individuos de rasgos genéticos de interés para producción de madera sólida de calidad, probablemente se ha perdido material genético de calidad superior.
6. El 5% de los individuos evaluados presentan características superiores dentro de su población, tanto en variables cuantitativas y cualitativas, que podrían ser utilizados para clonación y evaluación en ensayos clonales, para confirmar que la superioridad observada sea genética y no ambiental.

VII. RECOMENDACIONES.

1. Generar plantas por la vía clonal e instalar ensayos genéticos con los individuos superiores para confirmar su superioridad e introducir a una población base de un programa de mejoramiento genético de *T. grandis*.
2. En rodales coetáneos y maduros de alguna especie forestal de interés comercial, identificar árboles superiores como fuente de material genético, antes de realizar su aprovechamiento.
3. El material genético de Teca (*Tectona grandis* Linn. f.) introducido en la E.E.T.P fue catalogado en décadas pasadas como uno de los mejores en el país, por lo que su conservación y mejoramiento va a ser siempre de utilidad tanto para los investigadores, silvicultores y sociedad en general.

VIII. RESUMEN.

La presente investigación propone: caracterizar cuantitativa y cualitativamente la población de Teca (*Tectona grandis* Linn. f.) existente en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, como estrategia para identificar material potencial para iniciar un Programa de Mejoramiento Genético; se evaluó variables cuantitativas como la altura total, altura comercial y diámetro de altura al pecho, mediante estas dos últimas se calculó la variable de volumen; además de las variables cualitativas como son la calidad y rectitud del fuste, grado de inserción de las ramas, grosor de las ramas, grano en espiral y gambas. Con los datos de las variables cuantitativas se crearon tablas de distribución de frecuencias y combinando varias propuestas se creó a una metodología para validar la superioridad de cada árbol frente al resto del rodal ponderando las variables cualitativas de cada uno. Se pudo comprobar que a pesar de presentar un desarrollo volumétrico individual el 95% de individuos no cuentan con características morfológicas requeridas para el aprovechamiento industrial de la madera de *T. grandis*. El estado fitosanitario de los árboles evaluados es relativamente bueno, ya que no presentaron un grado de ataque de plaga o enfermedad considerable desde el punto de vista económico pero debido a los diferentes aprovechamientos realizados en los rodales sin considerar la identificación y conservación de individuos de rasgos genéticos de interés para producción de madera sólida de alto valor, probablemente se ha perdido material genético de calidad superior. El 5% de los individuos evaluados presentan características superiores dentro de su población, tanto en variables cuantitativas y cualitativas, que podrían ser utilizados para clonación y evaluación en ensayos clonales, para confirmar que la superioridad observada sea genética y no ambiental.

Palabras clave: teca, mejoramiento genético, variables cualitativas, variables cuantitativas.



IX. SUMMARY.

This investigation proposes: to characterize quantitatively and qualitatively the population of Teak (*Tectona grandis* Linn. F.) existing in the Tropical Pichilingue Experimental Station, as a strategy to identify potential material to initiate a Genetic Improvement Program; it was evaluated quantitative variables such as total height, commercial height and the diameter at breast height, through the last two the the volume variable was calculated; in addition to the qualitative variables such as the quality and straightness of the stem, degree of insertion of the branches, thickness of the branches, spiral grain and prawns. With the data of the quantitative variables were created frequency distribution tables and combining several proposals was created a methodology to validate the superiority of each tree against the rest of the stand by weighting the qualitative variables of each one. It was verified that in spite of presenting an individual volumetric development, 95% of individuals do not have morphological characteristics required for the industrial use of *T. grandis* wood. The phytosanitary status of the evaluated trees is relatively good, since they did not present a degree of attack of pest or disease considerable from the economic point of view but due to the different uses realized in the stands without considering the identification and conservation of trait individuals Genetics of interest for the production of high value solid wood, genetic material of superior quality has probably been lost. The 5% of individuals evaluated presented superior features within its population, within their population, both in quantitative and qualitative variables, that could be used for cloning and evaluation in clonal tests, to confirm that the superiority observed is genetic and an environmental one.

KEYWORDS: TEAK, GENETIC IMPROVEMENT, QUALITATIVE VARIABLES, QUANTITATIVE VARIABLES.

By: Pedro Luis Barreiro



X. BIBLIOGRAFÍA.

- Balcorta Martínez, H. C., & Vargas Hernández, J. J. (2004). Variación fenotípica y selección de árboles en una plantación de melina (*Gmelina arborea* Linn., Roxb.) de tres años de edad. *Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Ambientales*, pp 13-19.
- Bath, M. (2004). *¡Productores de Teca, uniros!* AFT.
- Betancourt Barroso, A. (1987). *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales*. La Habana: Científico Técnica. p 123
- Camino, R. D., & Morales, J. P. (2013). *Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades*. Técnico, CATIE, Turrialba.
- Cañadas, A., Rade, D., Zambrano, C., Molina, C., & Arce, L. (2005). Evaluación y manejo de fuentes semilleras de Teca (*Tectona grandis* Linn. f.) en la Estación Experimental Tropical Pichilingue. *Avances*, B64-B75.
- Cañadas, L. (1983). *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador: Editores asociados.
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional. (2000). *Tectona grandis L. f. Forestry Compendium Global*. EEUU: Unasyuva.
- Chaves, E., & Fonseca, W. (1991). *Tectona grandis L.f. Especie de árbol de uso múltiple en América Central*. Ediciones Turrialba: CATIE.
- Cornelius, J. (1994). *Selección y manejo de fuentes semilleras en América Central y República Dominicana*.

- Flores Velasteguí, T., Crespo Gutierrez, R., & Cabezas Guerrero, F. (2010). Plagas y enfermedades en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.F.) en la zona de Balzar, Provincia del Guayas. *Ciencia y Tecnología*, 3(1), 15-22.
- Flores, F., & Chávarry, L. (2005). *Guía para la selección de "Árboles Plus" para tres especies forestales nativas de la región andina- Consideraciones generales*.
- Fonseca Gonzales, W. (2004). *Manual para productores de teca (tectona grandis l.f) en Costa Rica*. Costa Rica.
- Gutiérrez, B. (1997). *Uso de las áreas productoras de semillas en el mejoramiento genético forestal*. Valdivia.
- Hamilton, C., Chaandler, L., Brodie, A., & Cornelius, J. P. (1995). *A financial analysis of a Gmelina arborea tree improvement programme in Hojancha*. Costa Rica.
- Ipinza, R., Gutiérrez, B., & Emhart, V. (1998). Estrategia de mejoramiento y ganancias genéticas esperadas de un programa de mejoramiento genético para *Nothofagus obliqua* y *N. Alpina* en Chile. Valdivia, Chile.
- Kollert, W. (31 de octubre de 2011). Teak in the world 2010. *A global assessment of teak resources.*, 29. San José, Costa Rica.
- Mesén. (1995). Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales. En *Identificación, Selección y Manejo de Fuentes* (págs. 85-88). Bogotá: Conif.
- Nieuwenhuis, M. (2000). *Terminology of Forest Management*. Viena, Austria: IUFRO.
- Pandey, D., & Brown, C. (2000). *La Teca una visión global*. Costa Rica: Unasyuva.
- Pinzón, O. (1997). *Guía de insectos dañinos en plantaciones forestales*. Santa Fe de Bogotá D.C., Colombia: CONIF.

- Pinzón, O. (15 de enero de 2007). *Problemas fitosanitarios en plantaciones forestales en Colombia*. Colombia. Recuperado el 30 de 01 de 2016, de <http://www.cerambycoidea.com/titles/pinzonflorian2004.pdf>
- Ramirez, L. (1997). *Guía de enfermedades en plantaciones forestales*. Santa Fe de Bogotá D.C.: CONIF.
- Resende, M., Murillo, O., & Badilla, Y. (s.f.). *Genética Cuantitativa y Selección en el Mejoramiento Genético Forestal*.
- Suarez Guaman, E. T. (2010). *Selección de árboles y manejo de rodales de Tectona grandis L. (Teca) para el establecimiento de fuentes semilleras en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP*. Quevedo.
- Swofford, T. F., & Smith, O. D. (1972). *An economic evaluation of tree improvement on the southern national forest*. U.S.D.A.
- Vallejos, J., Badilla, Y., Picado, F., & Murillo, O. (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. En Y. B. Jonathan Vallejos, *Agronomía Costarricense* 34(1) (págs. 105-119). Costa Rica.
- Vinueza, M. (9 de julio de 2012). Obtenido de Ecuador Forestal: <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-1-teca/>
- Weaver, P. (2000). *Tectona grandis L.F. Teca. Producción de semillas y su deseminación*. USA.
- Zobel, B., & Talbert, J. (1988). *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. México, D.F.: Limusa.

XI. ANEXOS.

Anexo 1: Ficha de evaluación en campo.

FICHA PARA CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE ÁRBOLES DE TECA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PICHILINGUE				
NOMBRE DEL TÉCNICO				
FECHA		FICHA Nro.		
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO EN ESTUDIO				
UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN		COORDENADAS (GPS) DE LA ESTACIÓN		
PAÍS	ECUADOR	X LONGITUD	79°21'	
PROVINCIA	LOS RÍOS	Y LATITUD	1°06'	
CANTÓN	MOCACHE	Z ALTITUD	75 msnm	
INFORMACIÓN DEL ÁRBOL EN EVALUACIÓN				
COORDENADAS (GPS) DEL ÁRBOL		ÁRBOL NÚMERO		
		X LONGITUD		
		Y LATITUD		
		Z ALTITUD		
VARIABLES A EVALUAR	PLAGAS Y ENFERMEDADES			
	PLAGAS	INCIDENCIA	ENFERMEDADES	SÍNTOMAS
A-L-M-F		A-L-M-S		
ALTURA TOTAL	Aphididae		<i>Ceratocystis sp.</i>	
ALTURA COMERCIAL	Coreidae		<i>Phytophthora spp.</i>	
DAP	Cicadellidae		<i>Colletotrichum sp.</i>	
RECTITUD DEL FUSTE	Scolytidae		<i>Olivea tectonae (Roya)</i>	
DOMINANCIA APICAL	Scarabaeidae			
ANGULO DE INSERCIÓN RAMAS DELGADAS	Formicidae			
GRANO EN ESPIRAL	Saturniidae			
ALETONES	Aleyroidae			
	Termitidae			
ÁRBOL DE CARACTERÍSTICAS SUPERIORES				
CALIDAD TROZA 1	CALIDAD TROZA 2	CALIDAD TROZA 3	CALIDAD TROZA 4	

Fuente: Elaborado por Pedro Luis Barreiro Betancourt.

Anexo 2: Validación de la superioridad en cuanto a la altura comercial en el Lote 1.

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
16	13.1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	6.42
7	10.8	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	3.12
17	10.8	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.12
21	13.3	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	6.12
31	10.5	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5	3.32
47	10.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	2.82
48	11.2	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.52
PROMEDIO	11.18							
DIFERENCIA	1.92							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
30	15.7	0.5	1	1	1	1	0.5	6.00
20	15.3	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	4.60
25	14.8	1	0.5	1	1	1	0.5	5.10
27	15.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.80
29	14.3	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.10
33	13.6	0.5	0.5	1	1	1	0.5	3.40
PROMEDIO	14.7							
DIFERENCIA	1							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
24	18.4	1	0.5	1	1	0.5	0.5	5.60
3	18.1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	5.30
8	16.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.40
13	16.6	1	0.5	1	1	0.5	0.5	3.80
18	17.3	1	0.5	1	1	0.5	0.5	4.50
26	18.1	1	0.5	1	1	1	0.5	5.80
32	16.3	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	2.50
34	17.6	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	4.30
40	16.6	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	3.30
43	17.7	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.90
45	18	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.20
PROMEDIO	17.3							
DIFERENCIA	1.1							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
4	21.3	1	1	1	1	0.5	0.5	6.16
5	20.7	1	0.5	1	1	0.5	0.5	5.06
9	21.1	1	0.5	1	1	0.5	0.5	5.46
15	19.7	1	0.5	1	1	0.5	0.5	4.06
39	19.6	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	3.46
41	19.6	1	1	1	0.5	0.5	0.5	3.96
PROMEDIO	20.14							
DIFERENCIA	1.16							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
14	24.6	0.5	1	1	1	0.5	0.5	6.20
2	23.6	1	0.5	1	1	1	0.5	5.70
6	22.6	1	1	1	1	0.5	0.5	4.70
10	22.1	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.20
11	22.8	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.40
12	23.4	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	4.00
19	23.8	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	4.40
22	22.8	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	3.90
28	22.6	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	3.70
46	22.4	1	1	1	1	0.5	0.5	4.50
PROMEDIO	22.9							
DIFERENCIA	1.7							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
37	27.4	1	1	1	0.5	0.5	0.5	5.50
1	25.9	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	3.50
35	26	1	0.5	1	1	0.5	0.5	4.10
36	26.8	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.90
38	26.9	1	1	1	1	0.5	0.5	5.50
PROMEDIO	26.4							
DIFERENCIA	1							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
42	29.4	1	1	1	1	0.5	0.5	5.90
23	28.6	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	4.10
44	28.4	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.40
PROMEDIO	28.5							
DIFERENCIA	0.9							

Anexo 3: Validación de la superioridad en cuanto a la altura comercial en el lote 2.

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
111	12.3	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.83
59	10.3	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.83
66	11.6	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	4.13
68	10	1	0.5	1	1	0.5	0.5	3.53
73	11.2	0.5	1	0.5	1	1	0.5	4.73
79	10.7	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	3.73
89	12.3	1	1	1	1	0.5	0.5	6.33
110	10.7	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.73
PROMEDIO	10.97							
DIFERENCIA	1.33							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
57	14.5	1	1	1	1	0.5	0.5	5.82
56	14.3	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	4.62
61	12.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.32
72	14.1	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.92
78	12.7	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.02
85	13.4	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.72
88	14.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.32
92	13.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	4.32
93	14.5	1	1	1	1	0.5	0.5	5.82
98	12.9	1	1	0.5	1	0.5	0.5	3.72
100	14.5	1	1	1	1	0.5	0.5	5.82
101	13.9	1	1	0.5	1	0.5	0.5	4.72
102	14.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.62
115	14.1	1	1	1	1	0.5	0.5	5.42
116	13.2	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.02
117	13.5	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.82
120	14	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.82
121	12.4	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	2.22
122	13.9	1	1	0.5	1	0.5	0.5	4.72
PROMEDIO	13.68							
DIFERENCIA	0.82							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
53	17.1	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.47
49	16.7	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	4.57
51	16.8	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	4.17
60	16.6	1	1	1	1	0.5	0.5	5.47
64	16.2	1	1	1	0.5	0.5	0.5	4.57
69	16.5	1	0.5	1	1	0.5	0.5	4.87
74	16.6	1	1	1	1	0.5	0.5	5.47
76	15.1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	2.97
82	15.8	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	3.67
91	15.3	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	3.17
95	15.2	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.07
96	16.1	1	1	1	1	0.5	0.5	4.97
99	16.8	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	4.17
105	16.8	1	1	0.5	1	0.5	0.5	5.17
107	15.6	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.47
113	15.4	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	3.27
114	16.5	1	1	1	1	0.5	0.5	5.37
119	16.5	1	1	1	1	0.5	0.5	5.37
125	15.9	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.27
PROMEDIO	16.13							
DIFERENCIA	0.97							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
80	19.3	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4.63
52	18.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	4.33
54	18.7	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	4.53
62	18.5	0.5	1	1	1	1	0.5	5.33
67	17.6	1	1	1	1	0.5	0.5	4.43
70	18.2	1	1	1	1	0.5	0.5	5.03
84	18	1	0.5	1	1	0.5	0.5	4.33
86	17.9	1	1	1	1	1	1	5.73
90	19.1	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	4.93
97	18	1	1	0.5	1	0.5	0.5	4.33
106	17.8	1	1	0.5	1	0.5	0.5	4.13
112	18.3	1	1	1	1	1	0.5	5.63
118	17.4	0.5	1	1	1	1	0.5	4.23
PROMEDIO	18.17							
DIFERENCIA	1.13							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
109	21.8	1	1	1	1	0.5	0.5	6.03
55	19.9	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.63
63	21.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	4.73
65	20.1	1	1	1	1	0.5	0.5	4.33
75	20.4	1	1	1	1	0.5	0.5	4.63
87	20.8	1	1	1	1	1	1	6.03
103	21.9	1	1	1	0.5	0.5	0.5	5.63
123	20.8	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.53
PROMEDIO	20.77							
DIFERENCIA	1.03							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
94	23.5	1	0.5	1	1	0.5	0.5	5.13
50	23.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	4.63
77	23	1	1	1	1	0.5	0.5	5.13
108	22.1	1	1	1	1	0.5	0.5	4.23
PROMEDIO	22.87							
DIFERENCIA	0.63							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
104	25.6	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.15
71	25.5	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	4.55
83	24.4	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.95
PROMEDIO	24.95							
DIFERENCIA	0.65							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
124	27.4	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.6
81	27.3	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	3.50
PROMEDIO	27.3							
DIFERENCIA	0.1							

Anexo 4: Validación de la superioridad en cuanto a la altura comercial en el lote 3.

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
166	15.7	1	1	1	1	0.5	0.5	6.00
129	14.6	1	1	1	1	0.5	0.5	4.90
133	14.3	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	3.60
140	15.4	1	1	1	0.5	0.5	0.5	5.20
162	14.5	1	1	1	1	0.5	0.5	4.80
PROMEDIO	14.7							
DIFERENCIA	1							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
126	18.4	1	1	1	1	0.5	0.5	5.52
145	17.3	1	1	1	1	0.5	0.5	4.42
147	18.1	1	1	0.5	1	1	0.5	5.22
148	18.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.42
152	17.4	1	1	1	1	0.5	0.5	4.52
153	18.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.42
PROMEDIO	17.88							
DIFERENCIA	0.52							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
164	20.7	1	1	1	1	0.5	0.5	5.99
127	19.5	1	1	1	1	0.5	0.5	4.79
130	20.2	1	1	1	1	0.5	0.5	5.49
134	18.9	1	1	1	1	0.5	0.5	4.19
135	19.7	1	1	1	1	0.5	0.5	4.99
137	19.3	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.09
138	20.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.29
143	19.6	1	1	1	1	0.5	0.5	4.89
150	18.7	1	1	1	1	0.5	0.5	3.99
159	20.5	1	1	1	1	1	1	6.79
161	20.4	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.19
163	19.8	1	1	1	1	1	0.5	5.59
167	19.4	1	0.5	1	1	0.5	0.5	4.19
168	19.7	1	1	1	1	0.5	0.5	4.99
PROMEDIO	19.7							
DIFERENCIA	1.0							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
132	22.8	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.50
136	21.6	1	1	1	1	0.5	0.5	4.80
144	21.8	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	4.00
149	22	1	1	1	1	0.5	0.5	5.20
158	21.5	1	1	1	1	0.5	0.5	4.70
160	22.1	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.80
PROMEDIO	21.8							
DIFERENCIA	1							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
142	24.7	1	1	1	1	0.5	0.5	6.22
131	23.5	1	1	1	1	0.5	0.5	5.02
146	23.5	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	4.02
155	23.6	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.62
156	23.3	1	1	1	1	0.5	0.5	4.82
157	23.5	1	1	1	1	0.5	0.5	5.02
PROMEDIO	23.48							
DIFERENCIA	1.22							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
165	27.4	1	1	1	1	0.5	0.5	6.60
128	25.4	1	1	1	1	0.5	0.5	4.60
141	25.3	1	1	1	1	0.5	0.5	4.50
154	26.7	1	1	1	1	0.5	0.5	5.90
PROMEDIO	25.8							
DIFERENCIA	1.6							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
151	28.7	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.50
139	27.7	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.50
PROMEDIO	27.7							
DIFERENCIA	1							

Anexo 5: Validación de la superioridad en cuanto a la altura comercial en el lote 4.

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
184	11.4	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.68
248	10.4	0.5	1	1	1	1	0.5	5.18
276	10.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.08
278	9.0	1	1	1	1	0.5	0.5	3.78
289	10.3	1	0.5	1	1	1	0.5	5.08
302	11.1	1	1	1	1	0.5	0.5	5.88
PROMEDIO	10.2							
DIFERENCIA	1.2							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
211	13.9	1	1	1	1	0.5	0.5	5.96
176	13.0	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	4.06
183	13.4	1	1	1	1	0.5	0.5	5.46
223	12.8	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.36
226	12.5	1	1	1	1	0.5	0.5	4.56
249	12.1	1	1	1	1	0.5	0.5	4.16
252	11.9	1	1	1	1	0.5	0.5	3.96
273	13.2	0.5	1	1	1	1	1	5.76
277	13.8	1	1	1	1	1	0.5	6.36
284	13.8	0.5	1	1	1	1	0.5	5.86
PROMEDIO	12.9							
DIFERENCIA	1.0							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
175	16.4	1	1	1	1	0.5	0.5	6.11
194	16.0	1	1	1	1	1	0.5	6.21
201	14.8	1	1	1	1	0.5	0.5	4.51
203	16.3	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.51
209	14.3	1	1	1	1	1	0.5	4.51
230	14.4	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.61
233	15.1	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.31
245	16.3	1	1	1	1	0.5	0.5	6.01
246	14.2	1	1	1	1	0.5	0.5	3.91
247	15.3	0.5	1	1	1	1	1	5.51
251	15.0	1	1	1	1	0.5	0.5	4.71
258	15.1	1	1	1	1	0.5	0.5	4.81
261	15.8	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.01
262	14.6	1	0.5	1	1	0.5	0.5	3.81
263	14.3	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.51
279	14.5	1	1	1	1	0.5	0.5	4.21

280	16.2	1	1	1	1	0.5	0.5	5.91
282	15.7	1	1	1	1	0.5	0.5	5.41
290	15.9	1	1	1	1	0.5	0.5	5.61
304	15.7	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.91
306	15.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.01
309	16.3	0.5	1	1	1	1	0.5	6.01
PROMEDIO	15.3							
DIFERENCIA	1.1							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
191	18.8	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.79
182	17.5	1	1	1	1	0.5	0.5	4.99
185	17.2	1	1	1	1	0.5	0.5	4.69
192	16.5	0.5	1	1	0.5	1	0.5	3.49
195	17.1	0.5	1	1	1	1	0.5	4.59
197	18.4	1	1	1	1	1	1	6.39
199	17.4	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.39
204	17.3	1	1	1	1	0.5	0.5	4.79
205	17.9	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.89
219	17.8	1	1	1	1	0.5	0.5	5.29
220	18.2	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.19
225	18.2	1	1	1	1	0.5	0.5	5.69
227	17.8	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.79
229	16.7	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.69
231	18.1	0.5	1	1	1	1	1	6.09
232	18.0	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.99
240	18.2	1	1	1	1	0.5	0.5	5.69
241	16.6	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	3.09
244	18.1	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.09
254	18.1	1	0.5	1	1	0.5	0.5	5.09
260	18.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.79
267	17.7	1	1	1	1	0.5	0.5	5.19
268	18.1	1	1	1	1	0.5	0.5	5.59
272	16.9	1	1	0.5	1	0.5	0.5	3.89
285	16.5	0.5	1	1	1	1	1	4.49
286	16.6	1	1	1	0.5	0.5	0.5	3.59
291	16.9	1	1	1	1	0.5	0.5	4.39
295	16.6	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.59
PROMEDIO	17.5							
DIFERENCIA	1.3							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
238	21.4	1	1	1	1	0.5	0.5	6.14
170	20.2	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.44
188	21.1	0.5	1	1	1	1	0.5	5.84
189	21.4	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.64
202	21.4	1	1	1	1	0.5	0.5	6.14
208	19.5	1	1	1	1	0.5	0.5	4.24
212	19.2	1	1	1	1	0.5	0.5	3.94
221	20.0	1	1	1	1	1	1	5.74
228	20.1	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.34
234	20.0	1	1	1	1	0.5	0.5	4.74
235	19.0	1	1	1	1	0.5	0.5	3.74
236	21.3	1	1	1	1	1	0.5	6.54
237	19.5	1	1	1	1	0.5	0.5	4.24
239	19.2	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.44
242	19.6	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.84
243	21.3	0.5	1	1	1	1	0.5	6.04
253	21.3	1	1	1	1	1	0.5	6.54
255	19.9	1	1	1	1	0.5	1	5.14
259	19.6	1	1	1	1	0.5	0.5	4.34
265	20.8	1	1	1	1	1	0.5	6.04
266	19.4	1	1	1	1	0.5	0.5	4.14
269	21.1	1	1	1	1	0.5	0.5	5.84
271	20.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.04
281	21.3	1	1	1	1	0.5	0.5	6.04
283	19.2	1	1	1	1	0.5	0.5	3.94
287	20.9	1	1	1	1	0.5	0.5	5.64
292	21.2	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.44
294	20.1	1	1	1	1	0.5	1	5.34
298	20.3	1	1	1	1	0.5	1	5.54
300	20.3	1	1	1	1	1	0.5	5.54
305	20.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.74
307	20.6	1	1	1	1	0.5	0.5	5.34
308	20.2	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.44
310	19.8	1	1	1	1	1	0.5	5.04
311	19.1	0.5	1	1	1	1	0.5	3.84
PROMEDIO	20.3							
DIFERENCIA	1.1							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
214	23.8	1	1	1	1	0.5	0.5	6.04
171	23.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.54
172	23.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.54
174	22.1	1	1	1	1	0.5	0.5	4.34
177	23.4	0.5	1	1	1	1	0.5	5.64
178	22.0	1	1	1	1	1	1	5.24
179	23.5	1	1	1	1	0.5	0.5	5.74
181	22.3	1	1	1	1	0.5	0.5	4.54
186	23.3	1	1	1	1	0.5	0.5	5.54
193	23.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.24
213	23.8	1	0.5	1	1	0.5	0.5	5.54
216	21.8	1	1	1	1	0.5	0.5	4.04
217	23.5	1	1	1	1	0.5	0.5	5.74
218	21.5	1	1	1	1	1	0.5	4.24
222	23.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.24
256	22.9	1	1	1	1	1	0.5	5.64
257	22.1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	3.84
264	21.7	1	1	1	1	0.5	0.5	3.94
270	23.3	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.04
274	22.3	1	0.5	1	1	0.5	0.5	4.04
288	23.8	1	1	1	1	0.5	0.5	6.04
296	22.3	0.5	1	1	1	0.5	1	4.54
301	21.6	1	1	1	1	0.5	0.5	3.84
PROMEDIO	22.8							
DIFERENCIA	1.0							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
206	26.3	1	1	1	1	0.5	0.5	6.49
169	25.2	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.89
180	25.1	0.5	1	1	1	0.5	0.5	4.79
187	25	1	1	1	1	1	1	6.19
196	24.6	0.5	1	1	1	1	1	5.29
210	24.7	1	1	1	1	0.5	0.5	4.89
215	25.2	1	1	1	1	0.5	0.5	5.39
250	24.7	1	1	1	1	0.5	0.5	4.89
293	24.1	1	1	1	1	1	1	5.29
297	25.6	1	1	1	1	0.5	1	6.29
299	24.2	1	1	1	1	0.5	0.5	4.39
303	24.5	1	1	1	1	0.5	0.5	4.69
PROMEDIO	24.8							
DIFERENCIA	1.5							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
173	29.2	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	5.50
190	28.8	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.60
198	26.9	1	1	1	1	0.5	0.5	4.20
200	26.9	1	1	1	1	0.5	0.5	4.20
207	26.9	0.5	1	1	1	0.5	0.5	3.70
224	28.2	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.00
275	28.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	5.30
PROMEDIO	27.7							
DIFERENCIA	1.5							

ARBOL	A.C	RECTITUD	ÁNGULO	GROSOR	GRANO	ALETONES	CALIDAD	PUNTAJE
173	29.2	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	4.00
PROMEDIO	29.2							
DIFERENCIA	0.0							