UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal

Título del proyecto de investigación:

"Determinación del incremento medio anual (IMA) de *Tectona grandis* L.f. (teca) proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), provincia de Manabí".

AUTOR:

Sánchez Cedeño Nathaly Yanai

Director del proyecto de investigación:

Ms.c. Ing. For. José Pedro Suatunce Cunuhay

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo **Nathaly Yanai Sánchez Cedeño**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; el cual no ha sido previamente presentado para ningún grado o clasificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Nathaly Yanai Sánchez Cedeño
CC. 1250354519

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **M.Sc. Ing. For. José Pedro Suatunce Cunuhay,** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Nathaly Yanai Sánchez Cedeño,** realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **"Determinación del incremento medio anual (IMA) de *Tectona grandis* L.f. (teca) proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), provincia de Manabí",** previo a la obtención del título de **Ingeniero Forestal,** bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

M.Sc. Ing. For. José Pedro Suatunce Cunuhay
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE HERRAMIENTA DE PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, José Pedro Suatunce Cunuhay, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el Proyecto de Investigación titulado **"Determinación del incremento medio anual (IMA) de *Tectona grandis* L.f. (teca) proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), provincia de Manabí."**, de la aspirante a Ingeniero Forestal **Nathaly Yanai Sánchez Cedeño** fue analizado por el sistema URKUND y presentó el 8% de similitud; este porcentaje está considerado dentro de los límites permitidos por el Reglamento e Instructivos de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Por lo cual la aspirante puede continuar con los trámites pertinentes.

Quevedo, 25 de octubre de 2021

Ing. For. Pedro Suatunce Cunuhay, M. Sc

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Curiginal

Document Information

Analyzed document	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN-SANCHEZ NATHALY-URKUND.docx (D116157587)
Submitted	2021-10-24 03:51:00
Submitted by	José Pedro Suatunce Cunuhay
Submitter email	jsuatunce@uteq.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	jsuatunce.uteq@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2866/1/Daniel_Ponce_Cede%C3%B1o.pdf Fetched: 2021-10-22 04:39:14	5
SA	**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / PROYECTO DE INVESTIGACION Aracely Sánchez-Urkund.docx** Document PROYECTO DE INVESTIGACION Aracely Sánchez-Urkund.docx (D116157521) Submitted by: jsuatunce@uteq.edu.ec Receiver: jsuatunce.uteq@analysis.urkund.com	10
SA	**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / PROYECTO DE INVESTIGACIÓN-BYRON TOBAR-URKUND.docx** Document PROYECTO DE INVESTIGACIÓN-BYRON TOBAR-URKUND.docx (D116157546) Submitted by: jsuatunce@uteq.edu.ec Receiver: jsuatunce.uteq@analysis.urkund.com	2
SA	**tesis daniel ponce.docx** Document tesis daniel ponce.docx (D95229172)	25
SA	**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / Proy. Inv. Orlando Rosado... URKUND 1.docx** Document Proy. Inv. Orlando Rosado... URKUND 1.docx (D27124778) Submitted by: dsalvatierra@uteq.edu.ec Receiver: dsalvatierra.uteq@analysis.urkund.com	4
SA	**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / PROYECTO DE INVESTIGACIÓN-GINGER LUNA-URKUND.docx** Document PROYECTO DE INVESTIGACIÓN-GINGER LUNA-URKUND.docx (D116157559) Submitted by: jsuatunce@uteq.edu.ec Receiver: jsuatunce.uteq@analysis.urkund.com	1
SA	**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / PROYECTO JACKSON DEL VALLE PARA TRIBUNAL.docx** Document PROYECTO JACKSON DEL VALLE PARA TRIBUNAL.docx (D97231053) Submitted by: rlopez@uteq.edu.ec Receiver: rlopez.uteq@analysis.urkund.com	5
SA	**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / Maria Fernanda Bermudez Moreno.docx** Document Maria Fernanda Bermudez Moreno.docx (D22553557) Submitted by: rlopez@uteq.edu.ec Receiver: rlopez.uteq@analysis.urkund.com	3
	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / TESIS AGUAYO (2).docx	

Ing. For. Pedro Suatunce Cunuhay, M. Sc

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"Determinación del incremento medio anual (IMA) de *Tectona grandis* L.f. (teca) proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), provincia de Manabí".

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal

APROBADO POR:

Dr. Ing. For. Rommel Crespo G.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ms.c. Ing. For. Edwin Jiménez R.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ms.c. Ing. For. Edison Solano A.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida y guiar cada uno de mis pasos.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Forestal, por permitirme formar parte de su estudiantado y culminar una de mis más anheladas metas como estudiante universitario. A la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, por permitirme realizar mi proyecto de titulación en sus instalaciones.

Al Ing. For. Pedro José Suatunce Cunuhay, director del proyecto de investigación, por sus conocimientos y apoyo brindado en la realización de este trabajo investigativo. Así mismo quiero agradecer al Ing. Fidel Troya, Ing. Rolando López, Dr. Rommel Crespo, Dr. Carlos Belezaca, Ing. Gary Ramírez, Ing. Edison Solano. Ing. José Muñoz, Ing. Edwin Jiménez, Ing. Fabricio Meza, Ing. María Cadme, Ing. Mercedes Carranza, quienes fueron un pilar fundamental en mi formación académica y profesional.

Al Ing. Agron. Ricardo Limongi Andrade, coautor del proyecto y amigo, gracias por sus enseñanzas, por tener tanta paciencia en mí y por el tiempo y apoyo incondicional en cada duda que tenía para llevar a cabo la realización de este trabajo investigativo, y al Economista Raúl Valentín Mora, por brindarme su ayuda en el trabajo de campo.

A mis padres y hermanos Elizabeth, Fabiola, Aracely y Ronaldo, que son la luz de mis ojos, y a mis cuñados, Mauricio Andaluz y Byron Villamil, gracias por su compañía, sus consejos y apoyo incondicional, primordiales para cumplir este objetivo.

Agradezco inmensamente a mis padrinos Jemmy Vera y Santos Bolaños, por abrirme las puertas de su hogar y su gran corazón, por aceptarme como una hija, gracias por sus consejos, que fueron mi esperanza de seguir enfrentando cada obstáculo que se presentaba día a día en la realización de este proyecto, gracias por creer y confiar en mí, este logró también se los debo a ustedes.

Nathaly Yanai Sánchez Cedeño

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo se lo dedico a Dios, por ser el motor de mi vida y darme la fortaleza de seguir adelante para obtener uno de mis anhelos más deseados. A mis padres quienes me dieron la vida y su amor incondicional, a mis hermanos quienes son mi inspiración para seguir luchando y avanzar. A mis maestros por inculcarme los conocimientos necesarios para mi formación como profesional y guiarme en mi vida como estudiante. A mis padrinos Jemmy y Santos por su cariño y apoyo incondicional para llevar a cabo la culminación de este proyecto y de manera muy especial a mi padrino Fausto Vera Santana, quien lastimosamente ya no se encuentra entre nosotros, pero su recuerdo consejos y enseñanzas siempre permanecerán en mi corazón, y aunque hoy no esté, sé que está muy feliz y orgulloso de no haberme rendido nunca hasta alcanzar esta meta, gracias por guiarme desde el cielo.

Con Amor

Nathaly Yanai Sánchez Cedeño

RESUMEN

La alta demanda de productos forestales a base del cultivo de teca ha generado muchas expectativas en el desarrollo de la actividad con fines comerciales en el Ecuador, por ello la presente investigación tuvo como objetivo identificar a mediano plazo el comportamiento de trece procedencias de *T. grandis* establecido bajo condiciones de Bosque Seco Tropical, en el año 2015 por el Programa de Forestería de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. Donde se evaluó el crecimiento (DAP, HT, HC), rendimiento (AB, VT y VC), incremento medio anual e intensidad del raleo. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con 13 tratamientos (S&BM 082, CATIE 195, CATIE 194, S&BM 005, CATIE 211, S&BM 084, S&BM 007, CATIE 186, CATIE 059, S&BM 083, S&BM, S&BM 001, S&BM TEC 039), tres repeticiones y 39 unidades experimentales de 225 m^2, a un distanciamiento inicial de 3 x 3 m. Las variables no cumplían con los supuestos de normalidad (*Shapiro-Wilks*), la prueba de *Kruskal Wallis* presentó alta significación estadística en todas ellas y sus mayores valores estuvieron asociados a la procedencia S&BM 007 con promedios de DAP de 18,46 cm; HT 17,32 m; HC 7,74 m; AB 0,03 m^2; VT de 0,33 m^3 y VC de 0,15 m^3. Los IMAs cumplían con el supuesto de normalidad (*Shapiro-Wilks*) excepto el AB. Los mayores desempeños de IMAs promedios para DAP (3,03 cm), AB (17,09 m^2/ha), VT (192,29 m^3/ha) y VC (87,31 m^3/ha) se dieron con la procedencia S&BM 084; los mayores promedios de HT (2,74 m) y HC (1,27 m) se presentaron con la procedencia S&BM 083. Se concluye que las procedencias que mostraron el mejor crecimiento y desarrollo a los seis años bajo las condiciones ambientales del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, son las procedencias S&BM 007, S&BM 084 y S&BM 083. La intensidad de raleo proyectada fue del 20% quedando un total 119,816 m^3/ha de VT y de 55,234 m^3/ha de VC.

Palabras claves: Incremento medio anual, variables dasométricas, fuentes semilleras.

ABSTRACT

The high demand for forest products based on the cultivation of teak has generated many expectations in the development of the activity for commercial purposes in Ecuador, for this reason the present research aimed to identify in the medium term the behavior of thirteen provenances of *T. grandis* established under conditions of Tropical Dry Forest, in 2015 by the Forestry Program of the Portoviejo Experimental Station of INIAP. Where growth was assessed (DAP, HT, HC), yield (AB, VT and VC), mean annual increase and thinning intensity were evaluated. A completely randomized block design was used, with 13 treatments (S&BM 082, CATIE 195, CATIE 194, S&BM 005, CATIE 211, S&BM 084, S&BM 007, CATIE 186, CATIE 059, S&BM 083, S&BM, S&BM 001, S&BM TEC 039), three repetitions and 39 experimental units of 225 m^2, at an initial spacing of 3 x 3 m. The variables did not comply with the normality assumptions (*Shapiro-Wilks*), the Kruskal Wallis test presented high statistical significance in all of them and its highest values were associated with the origin S&BM 007 with mean DBH of 18,46 cm; HT 17,32 m; HC 7,74 m; AB 0,03 m^2; VT of 0,33 m^3 and VC of 0,15 m^3. The IMAs complied with the assumption of normality (*Shapiro-Wilks*) except the AB. The highest performances of average IMAs for DAP (3,03 cm), AB (17,09 m^2/ha), VT (192,29 m^3/ha) and VC (87,31 m^3/ha) occurred with the S&BM 084 provenance; the highest averages of HT (2,74 m) and HC (1,27 m) were presented with the provenance S&BM 083. It is concluded that the provenances that showed the best growth and development at six years under the environmental conditions of the Santa Ana, Manabí province, are the provenances S&BM 007, S&BM 084 and S&BM 083. The projected thinning intensity was 20%, leaving a total of 119,816 m^3/ha of VT and 55,234 m^3/ha of CV.

Keywords: Annual mean increase, dasometric variables, seed sources.

CÓDIGO DUBLIN

Título:	"Determinación del incremento medio anual (IMA) de *Tectona grandis* L.f. (teca) proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), provincia de Manabí".		
Autor:	Sánchez Cedeño Nathaly Yanai		
Palabras clave:	Incremento medio anual	variables dasométricas	Fuentes semilleras
Fecha de publicación:			
Editorial:	FACA, Carrera de Ingeniería Forestal; Sánchez, N.		
Resumen:	La alta demanda de productos forestales a base del cultivo de teca ha generado muchas expectativas en el desarrollo de la actividad con fines comerciales en el Ecuador, por ello la presente investigación tuvo como objetivo identificar a mediano plazo el comportamiento de trece procedencias de *T. grandis* establecido bajo condiciones de Bosque Seco Tropical, en el año 2015 por el Programa de Forestería de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. Donde se evaluó el crecimiento (DAP, HT, HC), rendimiento (AB, VT y VC), incremento medio anual e intensidad del raleo. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con 13 tratamientos (S&BM 082, CATIE 195, CATIE 194, S&BM 005, CATIE 211, S&BM 084, S&BM 007, CATIE 186, CATIE 059, S&BM 083, S&BM, S&BM 001, S&BM TEC 039), tres repeticiones y 39 unidades experimentales de 225 m^2, a un distanciamiento inicial de 3 x 3 m. Las variables no cumplían con los supuestos de normalidad (*Shapiro-Wilks*), la prueba de *Kruskal Wallis* presentó alta significación estadística en todas ellas y sus mayores valores estuvieron asociados a la procedencia S&BM 007 con promedios de DAP de 18,46 cm; HT 17,32 m; HC 7,74 m; AB 0,03 m^2; VT de 0,33 m^3 y VC de 0,15 m^3. Los IMAs cumplían con el supuesto de normalidad (*Shapiro-Wilks*) excepto el AB. Los mayores desempeños de IMAs promedios para DAP (3,03 cm), AB (17,09 m^2/ha), VT (192,29 m^3/ha) y VC (87,31 m^3/ha) se dieron con la procedencia S&BM 084; los mayores promedios de HT (2,74 m) y HC (1,27 m) se presentaron con la procedencia S&BM 083. Se concluye que las procedencias que mostraron el mejor crecimiento y desarrollo a los seis años bajo las condiciones ambientales del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, son las procedencias S&BM 007, S&BM 084 y S&BM 083. La intensidad de raleo proyectada fue del 20% quedando un total 119,816 m^3/ha de VT y de 55,234 m^3/ha de VC.		
Descripción	Hojas: dimensiones 29 x 21 cm		
URI			

ÍNDICE

Declaración de autoría y cesión de derechos ii

Certificación de culminación del proyecto de investigación iii

Certificado del reporte herramienta de plagio académico iv

Agradecimientos vii

Dedicatoria viii

Resumen ix

Abstract x

Código dublin xi

Introducción 1

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización de la investigación 4

1.1.1. Planteamiento del problema 4

1.1.2. Diagnóstico 4

1.1.3. Pronóstico 4

1.1.4. Formulación del problema 4

1.1.5. Sistematización del problema 5

1.2. Objetivos 6

1.2.1. General 6

1.2.2. Específicos 6

1.4. Justificación 7

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual 8

2.1.1. *Tectona grandis* L.f. (teca) 8

2.1.2. Descripción taxonómica 8

2.1.3. Descripción botánica 8
2.1.4. Origen 9
2.1.5. Distribución natural 9
2.1.6. Distribución artificial 9
2.1.7. Sitios óptimos 9
2.1.8. Factores limitantes para el desarrollo de la especie 10
2.1.9. Requerimientos climáticos 10
2.1.10. Requerimientos edáficos 11
2.1.11. Usos de la madera 11
2.1.12. Plantaciones de teca 11
2.1.13. Crecimiento e incremento del árbol 12
2.1.14. Incremento medio anual 12
2.1.15. Fuentes semilleras 13
2.1.15.1. Huerto semillero genéticamente comprobado 13
2.1.15.2. Huerto semillero genéticamente no comprobado 13
2.1.15.3. Rodales semilleros 14
2.1.15.4. Fuentes seleccionadas 14
2.1.15.5. Fuentes identificadas 14
2.1.16. Variables dasométricas 14
2.1.16.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP) 14
2.1.16.2. Altura total (h) 15
2.1.16.3. Altura comercial 15
2.1.16.4. Área basal (m^2) 15
2.1.16.5. Volumen (m^3) 15
2.1.7. Tipos de parcelas 15
2.1.17.1. Parcelas permanentes 15
2.1.17.2. Parcelas temporales 16

2.1.18. Forma de las unidades de muestreo 16

2.1.18.1. Parcelas cuadradas y rectangulares.....16

2.1.18.2. Parcela circular 16

2.1.19. Manejo del cultivo de la teca 16

2.1.19.1. Raleo 17

2.1.19.2. Tipos de raleo 17

2.1.19.3. Intensidad de los raleos.....18

2.1.19.4. Época 18

2.1.19.5. Ejemplo de intensidades de raleo 19

2.2. Marco referencial.....19

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización y características del área de estudio 23

3.2. Límites de la zona de estudio.....25

3.3. características edafoclimáticas.....25

3.3.1. características edafoclimáticas del cantón Santa Ana.....25

3.4. Tipo de investigación.....25

3.5. Métodos de investigación 26

3.5.1. De observación 26

3.5.2. Analítico 26

3.5.3. Descriptivo.....26

3.6. Fuentes de recopilación de información 26

3.6.1. Fuentes primarias.....26

3.6.2. Fuentes secundarias 27

3.7. Diseño de la investigación 27

3.7.1. Población 27

3.7.2. Muestra 27

3.8. Diseño experimental 28
3.9. Instrumento de investigación 29
3.10. Tratamiento de los datos 29
3.10.1. Registro de mediciones de campo 29
3.10.2. Datos tomados y métodos de evaluación 29
3.10.2.1. Altura total (m) 30
3.10.2.2. Altura comercial (m) 30
3.10.2.3. Diámetro a la altura del pecho (DAP = 1,30 m) 30
3.10.2.4. Área basal (m^2) 30
3.10.2.5. Incremento Medio Anual 30
3.10.2.6. Volumen (m^3) 31
3.10.3. Procesamiento y análisis 31
3.11. Recursos humanos y materiales 32
3.12. Materiales 32
3.12.1. Materiales de campo 32
3.12.2. Materiales de oficina 33
3.12.3. Software 33

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de las variables dasométricas asociadas a trece fuentes semilleras de *T. grandis* presentes en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. 36
4.2. Incremento medio anual (IMA) de las variables dasométricas de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. 43
4.3. Intensidad de raleo en el ensayo genético de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP 46
4.4. Discusión 48

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....50

5.2. Recomendaciones.....51

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.....53

CAPÍTULO VII. ANEXOS

7.1. ANEXOS.....60

7.1.1. Trabajo de campo.....60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM de los vértices principales del polígono del área de estudio. 24

Tabla 2. Fuentes semilleras utilizadas para el establecimiento del ensayo genético de *T. grandis* en la EEP del INIAP. 28

Tabla 3. Análisis de varianza 29

Tabla 4. Estadística descriptiva de las variables dasométricas en *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. 36

Tabla 5. Prueba de *Shapiro-Wilks* de las variables dasométricas de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. 36

Tabla 6. Análisis estadístico mediante la prueba de *Kruskal wallis* para el DAP en el ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 45,65 P = < 0,00....38

Tabla 7. Análisis estadístico no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para HT del ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 124,12 P = < 0,0001....39

Tabla 8. Análisis estadístico no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para la HC en el ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 28,83 P = < 0,0033....40

Tabla 9. Análisis estadístico no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para el AB en el ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 45,65 P = < 0,0001....41

Tabla 10. Análisis estadístico no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para el VT en el ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 81,82 P < 0,0001....41

Tabla 11. Análisis no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para el VC en ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 50,99 P < 0,000....42

Tabla 12. Prueba de *Shapiro-Wilks* (modificado) de los IMA de las variables de T. grandis a los 6 años. 43

Tabla 13. Incrementos medios anuales de las variables DAP, HT, HC, VT/ha y VC/ha de 13 procedencias de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. 45

Tabla 14. Análisis estadístico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para el IMAB m^2/ha de *T. grandis* a los 6 años. H = 13,05 P = < 0,3657. 46

Tabla 15. Número de árboles a ralear por tratamientos y repetición en el ensayo de *T. grandis*. 47
Tabla 16. Promedio total del volumen área basal, volumen total y volumen comercial del ensayo de *T. grandis.*.....47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. DAP (a) y área basal (b) antes y después de lo raleos desde el año 4 hasta el año 6 a diferentes intensidades de raleo 19
Figura 2. Ubicación de la Estación Experimental Portoviejo – Lote Teodomira (EEP) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí. 23
Figura 3. Ubicación de las zonas de muestreo en la EEP del cantón Santa Ana, provincia de Manabí..... 24
Figura 4. Ensayo de las procedencias de *T. grandis* en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. 27
Figura 5. Software Infostat versión estudiantil..... 32
Figura 6. Supuestos de tendencia de normalidad en las variables A: DAP (diámetro altura al pecho), B: HT (altura total), C: HC (altura comercial), D: AB (área basal), E: VT (volumen total) F: VC (Volumen comercial). 37
Figura 7. Histogramas de distribución de frecuencia en las variables A: DAP (diámetro altura al pecho), B: HT (altura total), C: HC (altura comercial), D: AB (área basal), E: VT (volumen total), F: VC (volumen comercial). 37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Reconocimiento del ensayo de *T. grandis* e indicaciones por parte del Ing. Ricardo Limongi Andrade coautor del presente proyecto. 60
Anexo 2. Enumeración de los árboles. 60
Anexo 3. Medición del diámetro 60
Anexo 4. Medición de la altura total y comercial 61
Anexo 5. Registro de datos 61
Anexo 6. Materiales de campo 61
Anexo 7. Medición del diámetro. Resumen de los promedios del incremento medio anual y volumen por hectárea de las variables dasométricas de *T. grandis*. 62
Anexo 8. Cuadro de los árboles a ralear en el ensayo de *T. grandis* a una intensidad del 20% 63
Anexo 9. Cuadro de los árboles remanentes en el ensayo de *T. grandis* 64

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país que posee una diversidad de regiones aptas para el desarrollo de plantaciones forestales, provisto de una gran gama de recursos naturales, suelos muy fértiles, condiciones agroecológicas apropiadas (López *et al*., 2019). Asimismo, tiene ventajas competitivas y climáticas, y es uno de los sectores productivos con mayor potencial de desarrollo y crecimiento.

T. grandis es una de las principales maderas frondosas que existen en el mundo, apreciada por su color claro, su excelente fibra y su durabilidad (Pandey y Brown, 2000). Aunque globalmente y en términos de volumen, la teca es una especie cuya comercialización ocupa una pequeña porción en el negocio del mercado maderero (se estima que moviliza alrededor de 2% del volumen mundial de madera) (Mollinedo *et al.*, 2016). En cuanto al valor comercial, su importancia es mayor, debido a que ha atraído un segmento importante de inversionistas, mostrando a la especie como promisoria para continuar incrementando al área plantada.

La teca fue introducida durante la década de 1950 en el Litoral ecuatoriano por inversionistas privados y por la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en la provincia de Los Ríos (De Camino y Morales, 2013). Este establecimiento se convirtió en el proveedor principal de semillas que ha tenido el país. A lo largo del tiempo, se observó que la especie se adaptó bien a los suelos y los suelos y al clima ecuatoriano, con resultados de crecimiento prometedores. En la actualidad la teca es la segunda especie más plantada después de la balsa (*Ochroma pyramidale*) en el Litoral Ecuatoriano.

Según la Consulta Mundial FAO/IUFRO sobre el mejoramiento de las especies forestales (FAO, 1969), la procedencia de especies denota la fuente geográfica de la semilla o material vegetal que afirma la distribución geográfica de las variaciones considerables en cuanto a su anatomía, morfología y fisiología (Ponce, 2020). Los ensayos de procedencia deben llevarlos cada país que desee investigar una especie determinada (variaciones entre distintos árboles dentro de las procedencias) con la finalidad de identificar procedencias cuyas semillas conduzcan a bosques productivos bien adaptados.

Una gran parte del éxito del negocio forestal basado en plantaciones radica en la calidad del material vegetal, que requiere la utilización de semillas con atributos genéticos deseables (Llanos *et al.*, 2019). De esta manera, para el establecimiento de plantaciones comerciales, es importante la selección y desarrollo de fuentes de semillas propagadas sexual o asexualmente y con individuos que muestren predominio genético en cuanto a tasas de crecimiento, calidad del fuste y calidad de la madera.

Sin embargo, probablemente uno de los vacíos más grandes en la investigación forestal en varios países tropicales es la poca información sobre el crecimiento y el rendimiento de las plantaciones comerciales, centrando sus mayores esfuerzos en el establecimiento, mas no en el manejo silvicultural (Ramírez, 2017). Por ejemplo, prácticas de raleo, densidades, podas, observación y evaluación permanente que permitan determinar su desarrollo, utilidad, calidad del sitio y dinámica de crecimiento

Motivo por el cual, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, la carrera de Ingeniería Forestal y el Programa de Forestería de la Estación Experimental Portoviejo (EEP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), proponen determinar el Incremento Medio Anual de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras, con el fin de aportar con criterios técnicos para el establecimiento y manejo de esta especie en la zona de estudio y mediante los datos dasométricos estimar el volumen de la plantación hacia el turno final.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

T. grandis se ha convertido en una de las principales especies forestales con fines maderables que ha tenido buena adaptabilidad en diferentes eco-regiones del territorio nacional, principalmente en varias provincias del Litoral y la Amazonía del Ecuador. Sin embargo, no están disponibles o no se conocen resultados precisos sobre el crecimiento e incremento medio anual en estas áreas, que podrían ser de mucha utilidad para inversionistas y productores forestales, que en los actuales momentos se involucran en la producción sin contar con una serie de datos que les permita visualizar el potencial de crecimiento y productividad que minimicen los riesgos de producción e inversión.

1.1.2. Diagnóstico

Las plantaciones forestales al no tener un manejo adecuado están sujetas a no producir el volumen óptimo de madera. Por tal motivo la evaluación de las variables dasométricas para determinar su crecimiento e incremento medio anual ayudará a obtener conocimientos sobre la productividad y rendimiento esperado de las mismas para diferentes fines ya sea en el ámbito social, económico y ambiental.

1.1.3. Pronóstico

El incremento medio anual del ensayo genético de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras podría ser mayor de lo esperado según el sitio en el que se encuentra ubicado y por las condiciones específicas del sitio experimental.

1.1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el comportamiento de las variables dasométricas de trece procedencias de *T. grandis* en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP?

1.1.5. Sistematización del problema

¿Cuál es el comportamiento de las variables dasométricas asociadas a trece fuentes semilleras de *T. grandis* establecidas en los predios de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP?

¿Cuál es el incremento medio anual (IMA) de las variables dasométricas en *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras establecidas en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP?

¿Cuál es la intensidad de raleo en el ensayo genético de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras plantadas en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP?

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Identificar a mediano plazo el comportamiento de trece procedencias de *T. grandis* establecidas bajo condiciones del Bosque Seco Tropical.

1.2.2. Específicos

- Evaluar las variables dasométricas asociadas al crecimiento de trece fuentes semilleras de *T. grandis* establecidas en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

- Determinar el incremento medio anual (IMA) de las variables dasométricas de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

- Determinar la intensidad de raleo en el ensayo genético de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

1.4. Justificación

El establecimiento y productividad de las plantaciones forestales depende de la selección correcta de la especie y sobre todo de las condiciones del suelo que sean favorables para la especie que se va a establecer, de esto depende, en gran medida la rentabilidad que se obtendrá por la plantación. De esta manera considerando que el ensayo de *T. grandis* está en el sexto año de evaluación, y que a mediano plazo podría permitir al INIAP disponer de un pull de individuos por procedencias, con una secuencia metodológica que permita seleccionar individuos superiores para continuar con un programa de mejoramiento genético e identificar individuos plus y posteriormente individuos élite, por lo que es importante contar con un registro de medidas técnicas de evaluación dasométricas que permitan estimar las ganancias genéticas principalmente a nivel de volumen de madera a ser aprovechado.

Por esta razón el presente estudio se realizó con el objetivo de generar resultados sobre el incremento medio anual de un ensayo genético de *T. grandis* ubicado en la Estación Experimental Portoviejo (EEP) del INIAP, mediante el uso de variables dasométricas se conocieron los rendimientos de la madera que se obtendrán al final del turno. La información resultante de este trabajo se espera contribuya a satisfacer la escasez de información para orientar a los silvicultores, a la comunidad científica y universitaria en la toma de decisiones para futuros establecimientos de plantaciones de *T. grandis*.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Tectona grandis* L.f. (teca)

T. grandis pertenece a la familia Lamiaceae, es una especie distinguida por tener una alta demanda y valor comercial en el mercado internacional, principalmente por las excelentes características de su madera, tales como resistencia, trabajabilidad, alta calidad estética, buena duración natural y una amplia variedad de usos (Llanos *et al.*, 2019). Para muchos países tropicales, la teca representa la mejor oportunidad para producir madera de calidad, en los últimos tiempos, el establecimiento y la gestión de los bosques establecidos de teca atrajeron grandes inversiones del área de negocios en América Latina, África y Asia (Kollert y Cherubini, 2012).

2.1.2. Descripción taxonómica

De acuerdo con Fonseca (2004) la especie *T. grandis* presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae
Filum: Spermatofhyta
Subphylum: Angiosperma
Clase: Dycotiledonae
Orden: Lamials
Familia: Lamiaceae (Verbenaceae)
Género: *Tectona*
Especie: *grandis*
Nombre Científico: *Tectona grandis* Linn. F.
Nombre Común: teca

2.1.3. Descripción botánica

La teca es un árbol grande, que puede alcanzar en su hábitat natural los 60 m de altura, un diámetro a la altura de pecho de 2,6 m y un tronco libre de ramas de 30 m, usualmente su forma es de buena a excelente, por lo general sus ramas son ascendentes con los

extremos inclinados, pero pueden variar de colgantes a horizontales y ascendentes. Sus hojas y ramas son opuestas; las panículas y ramitas jóvenes son amarillo-escamosas con hojas caducifolias hasta de 35 x 60 cm. La presencia de hojas de gran tamaño y panículas grandes de pequeñas flores blancas, pequeños frutos y la corteza gris escamosa, hacen que la teca se distinga fácilmente de otros árboles. Son comunes unas gambas pronunciadas pero bajas y con acanaladuras (Briscoe, 1995).

2.1.4. Origen

T. grandis es originaria de la India, Myanmar, Tailandia y la República Democrática Popular Laos y se introdujo por primera vez a Indonesia entre 400 y 600 años atrás, donde actualmente se considera una especie naturalizada (Zahabu *et al.*, 2015).

2.1.5. Distribución natural

Los bosques naturales de la *T. grandis* se encuentran en solo cuatro naciones del mundo: India, la República Democrática Popular Laos, Myanmar y Tailandia (Kollert y Cherubini, 2012).

2.1.6. Distribución artificial

Debido a la calidad de la madera, la especie ha sido introducida en innumerables regiones que tienen un clima tropical, entre 18° y 28° de latitud norte, en América Tropical, fue introducida en Trinidad entre 1913 y 1916, con semillas de Tenasserim en Birmania (Myanmar). Esta procedencia ha sido distribuida, exportándose semillas de Trinidad a Belice, República Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y México (Guarnizo y Palacios, 2007).

2.1.7. Sitios óptimos

La experiencia en Costa Rica demuestra que las tasas de desarrollo más elevadas se dan en lugares con alturas por debajo de los 500 m.s.n.m. con un período seco 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 pendiente media (inferior al 25%), al pie de monte, con suelos de

textura liviana, fértiles, con una profundidad efectiva superior a los 80 cm, con alto contenido en calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) (Fonseca, 2004).

2.1.8. Factores limitantes para el desarrollo de la especie

Chaves y Fonseca (1991) mencionan los aspectos más significativos como factores limitantes para el desarrollo de la especie, como: los suelos poco profundos, el mal drenaje, suelos compactados y la textura arcillosa, así como los sitios bajos con una elevada precipitación o sin un período seco marcado de tres meses. Vinueza (2012) manifiesta que *T. grandis* no tolera suelos desbordados, pantanosos y compactados.

Alvarado (2006) hace referencia a que, para garantizar el buen desarrollo de una plantación de *T. grandis* se deben evitar las siguientes condiciones: suelos mal drenados, suelos poco profundos, cimas inclinadas muy secas o extremadamente ventosas, regiones en las que la distribución de las precipitaciones se concentre en períodos muy cortos o secos prolongadas, en este último caso, la especie tiende a botar las hojas dos veces al año con el consecuente gasto energético, y regiones donde los niveles de acidez del suelo y subsuelo son muy elevados. En general, una buena plantación ocupa solamente entre 30 y 50% del total de la superficie de un predio.

2.1.9. Requerimientos climáticos

Según Palanisamy *et al.* (2009) *T. grandis* crece normalmente en el régimen de precipitación de 800 – 2500 mm y desde el nivel del mar hasta una altitud de alrededor de 1200 m. en la península de la India, la teca encuentra temperaturas máximas de hasta 48 °C y al menos alrededor de 2 °C en la zona seca de la India focal, mientras que en las partes húmedas del sur de la India (costa oeste), las temperaturas más extremas y mínimas oscilan entre 43 °C y 13 °C individualmente.

De acuerdo con Crespo *et al.* (2008) en la zona de Quevedo, Ecuador, *T. grandis* se encuentra a 73 m.s.n.m, presentando esta zona una precipitación anual de 2355,38 mm, una temperatura promedio anual de 25,58 °C, una humedad relativa de 85,93%, una heliofanía media anual de 879,42 horas luz y un tipo de suelo franco limoso, con un valor de pH de 6,5 a 7,0.

2.1.10. Requerimientos edáficos

Según Vásquez y Ugalde (1995) los mejores sitios de *T. grandis* (medios y altos) se sitúan en lugares de pendiente media o planos, al pie de monte o en el fondo de los valles y en regiones donde la profundidad del suelo es mayor. Vaides (2004) y Palanisamy *et al.* (2009) afirman que la teca crece bien en suelos aluviales profundos y bien drenados, con un clima tropical bastante húmedo y cálido, con un valor de pH estimado entre 6,50 y 7,50. También ocurre en áreas sujetas a mucho calor y sequía en la estación cálida, y con un valor de pH del suelo de 5,0 a 8,0.

En un estudio realizado por Mollinedo *et al.* (2005) se determinó que un valor de saturación de acidez de 6,8% en suelos con un valor de pH hasta 5,5 limita el crecimiento en altura de la teca. Alvarado (2006) por su parte manifiesta que la teca prefiere suelos moderadamente profundos (> 90 cm), bien drenados, de textura media, planos o con pendiente suave, situados en regiones de temperatura media.

2.1.11. Usos de la madera

La madera de *T. grandis* se emplea en una gran variedad de usos tradicionales y actuales; entre ellos, muebles de calidad, elementos estructurales, carpintería, fachada, pisos y usos marinos. Habitualmente se ha utilizado en la fabricación de puentes y embarcaderos. Es excepcionalmente valorada para la construcción de embarcaciones, ya que el agua no le afecta, se utiliza en condiciones de humedad (saunas y otros). Su extraordinaria resistencia frente a compuestos sintéticos la hace ideal para el mobiliario de centros de investigación (De Camino y Morales, 2013).

2.1.12. Plantaciones de teca

Se sabe que la teca crece adecuadamente en plantaciones cuando las condiciones son favorables. Por esta característica, se distingue probablemente de algunas especies tropicales frondosas más importantes y conocidas comercialmente. Las plantaciones de teca mezcladas con otras especies arbóreas son menos susceptibles que las plantaciones puras a la erosión del suelo y al riesgo de plagas y enfermedades. Las plantaciones puras de teca son particularmente vulnerables a las plagas defoliantes (Pandey y Brown, 2000).

A nivel mundial, el área cubierta por las plantaciones de *T. grandis* es de aproximadamente 6,9 millones de ha en 60 países, de los cuales el 88% se encuentran en Asia, el 8% en África y el 4% en las Américas Tropicales. Tailandia es la principal fuente de producción de teca, con el segundo bosque nativo más grande del mundo (8,7 millones de ha), después de Myanmar (Kollert y Kleine, 2017). América tiene en la actualidad 33,000 hectáreas repartidas en Costa Rica, Trinidad y Tobago, Panamá, El Salvador, Colombia, Guatemala, Venezuela y Ecuador (Rosado, 2017).

2.1.13. Crecimiento e incremento del árbol

El crecimiento e incremento de los árboles es el cambio gradual del diámetro, altura, área basal, y como consecuencia el volumen y la masa; es afectado por diferentes componentes, entre los que destacan el origen de la especie y su entorno ambiental. El crecimiento arbóreo y los bosques muestran el componente determinístico que se muestra en la curva sigmoidal, y el componente aleatorio dado por los cambios de variedades naturales entre años y períodos de tiempo (Domínguez *et al.*, 2016).

Las estimaciones del incremento y rendimiento de los árboles individuales son esenciales en el manejo de los ecosistemas forestales e importantes para calcular el volumen que se extraerá, el tiempo entre intervenciones, las características de la masa forestal futura, la productividad de los ecosistemas y el flujo de los componentes biogeoquímicos. El crecimiento de un árbol o una masa forestal es el cambio estático en las dimensiones durante los períodos de tiempo (Domínguez *et al.*, 2016).

2.1.14. Incremento medio anual

El crecimiento de un individuo o de una masa está figurado por su referente desarrollo en diámetro, altura y volumen. Este crecimiento del árbol en una etapa de tiempo específica se conoce como incremento (Guerrero, 2020). El incremento en altura es de suma importancia, la cantidad de reservas de materiales que acumula el árbol a lo largo del último año hace justificable que las raíces muestren un extraordinario desarrollo desde el principio. Es interesante especificar que el incremento en altura es menor en los años de producción de frutos, porque se emplea una parte de las sustancias de reserva en la fructificación (Klepac, 1983).

El crecimiento diamétrico medio anual varía considerablemente de un sitio a otro incluso dentro de un mismo tipo de vegetación. Algunos factores que influyen en el ritmo de crecimiento de los árboles individuales son la densidad, la edad, los cambios en los regímenes luminosos, el espacio para desarrollarse, la accesibilidad al agua, la temperatura, la producción de semillas y las enfermedades (Guerrero, 2020).

2.1.15. Fuentes semilleras

Fuentes semilleras o áreas productoras de semilla corresponden a nombres genéricos para designar un grupo o población de árboles de la misma especie, con características fenotípicas sobresalientes, comprobadas genéticamente o no, de los cuales se obtiene semilla sexual o clonal para siembra de plantaciones forestales (Murrillo *et al.*, 2013).

Diversos autores coinciden en que podemos encontrar varios tipos de fuentes semilleras desde rodales no manejados hasta huertos semilleros en base a generaciones avanzadas y genéticamente comprobados. En este marco se tiene los siguientes orígenes de semillas forestales, de mayor a menor ganancia genética (Cuellar y Ugarte, 2017).

2.1.15.1. Huerto semillero genéticamente comprobado

Son plantaciones de clones o progenies seleccionados intensivamente con base en características de importancia económica, segregada o manejada para disminuir la contaminación de polen de árboles inferiores, manejada intensivamente para aumentar la producción de semillas y facilitar su recolección y expuestos a aclareos de depuración genética con base en el resultado de ensayos de progenies (Mesén y Jiménez, 1995).

2.1.15.2. Huerto semillero genéticamente no comprobado

Es un huerto que no ha sido sometido a aclareos genéticos, ya sea por la ausencia de ensayos genéticos o por la corta edad de los ensayos. Aunque este huerto no tiene el respaldo de pruebas genéticas, la alta intensidad de selección a que han sido sometidos los padres, garantiza una ganancia genética superior a la de otros tipos de fuente semilleras, tales como rodales semilleros y las fuentes selectas o identificadas. Por ese motivo se ubica dentro de una categoría superior (Jara, 1998).

2.1.15.3. Rodales semilleros

De acuerdo con Salazar y Boshier (1989) se trata de una plantación o rodal natural que, dado a que presenta atributos deseables en cuanto a forma, crecimiento y sanidad de los árboles, es manejado para producir semilla. Mesén y Jiménez (1995) aseguran que son de base genética amplia, con un área mínima de 1 ha, manejados para disminuir la contaminación de polen de árboles inferiores y expuestos a aclareos progresivos para dejar 75-200 árboles por hectáreas con características fenotípicas adecuados.

2.1.15.4. Fuentes seleccionadas

Son fuentes que no cumplen con los requisitos establecidos para los rodales semilleros, principalmente por que presentan problemas de aislamiento y contienen menos de 75 árboles aceptables por hectárea, o porque no han sido expuestos a los aclareos de depuración (contienen más de 200 árboles por hectárea) (Cerron *et al.*, 2019).

2.1.15.5. Fuentes identificadas

Son grupos de árboles, que debido a su baja densidad o por ocupar poca área y/o porque no contienen el número suficiente de árboles aceptables por hectárea, no clasifican dentro de la categoría anterior, pero deben utilizarse temporalmente ante la ausencia de fuentes más desarrolladas. En este grupo se encuentran: parcelas experimentales de un número establecido de individuos, bloques de plantación, ensayos genéticos, especies del bosque natural que no llegan al número base de árboles aceptables por hectárea (Jara, 1998).

2.1.16. Variables dasométricas

2.1.16.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Medición tomada a una altura normal de 1,30 m sobre el nivel del suelo, pero si los árboles presentan deformaciones a esa altura, se mide el diámetro donde termina la deformación, si la bifurcación comienza por debajo de 1,30 m teniendo cada tronco el diámetro requerido será considerado un árbol. En caso de que la bifurcación comience a más de 1,30 m, el árbol se considerará uno solo (Armijos, 2013).

2.1.16.2. Altura total (h)

Distancia vertical entre el nivel del suelo y la yema terminal del árbol. Para medir la altura del árbol se utilizan diferentes aparatos forestales, entre los cuales los denominados hipsómetros son los más utilizados, que mediante una escala de medición y situándose a una distancia conocida del árbol, lanzan una visual al ápice de la copa y la base del árbol, obteniéndose así la medida de la altura del árbol (Armijos, 2013).

2.1.16.3. Altura comercial

Es la distancia vertical entre el suelo y última parte comerciable del fuste, es decir, desde la base del árbol hasta el diámetro superior mínimo de aprovechamiento (Ramirez, 2017).

2.1.16.4. Área basal (m^2)

El área basal de la sección transversal del árbol aislado a 1,30 m de altura es designada como área basal del árbol, esto a pesar de que la sección transversal de los árboles no es en todos los casos totalmente circular. El área basal es significativa ya que muestra el grosor del rodal, el predominio de las especies y la naturaleza del sitio (Armijos, 2013).

2.1.16.5. Volumen (m^3)

Medida expresada en $m^{3,}$ y es la variable de mayor relevancia comercial para las especies y resulta de la multiplicación de la altura, la región basal y el factor de forma, para las latifoliadas (0,60), debido que los árboles no son cilindros exactos (Véliz, 2010).

2.1.7. Tipos de parcelas

2.1.17.1. Parcelas permanentes

Representan una base de datos muy importante para desarrollar modelos de crecimiento. Durante un extenso periodo se registran en ellas cambios cuantitativos y subjetivos en las características de los árboles. Así, las percepciones adquiridas permiten desarrollar un modelo de crecimiento para un conjunto de condiciones dado (Véliz, 2010).

2.1.17.2. Parcelas temporales

Proporcionan una rápida solución en escenarios donde no hay datos sobre el desarrollo forestal, se evalúan solo una vez y cubren una amplia gama de edades y de sitios, no proveen datos sobre tasas de crecimiento; por eso, no son muy recomendables. Se puede lograr un compromiso utilizando un sistema de parcelas de muestreo que mantenga las ventajas de las parcelas permanentes, por ejemplo, obtener tasas de crecimiento y de las parcelas temporales como la espera mínima por datos (Véliz, 2010).

2.1.18. Forma de las unidades de muestreo

Es el lugar físico o parcela establecida favorablemente en el área de estudio y donde se miden las variables antes definidas. Esta debe ser representativa del sector y deben estar distribuidas en el área de interés según el diseño establecido (Vidal, 2017).

2.1.18.1. Parcelas cuadradas y rectangulares

Las parcelas cuadradas se utilizan principalmente cuando las unidades de muestreo son de gran tamaño. La mejor forma de delimitar estas parcelas es trazando las diagonales desde el centro, a la vez que captan una alta proporción de la variabilidad del bosque (Prodan *et al.*, 1997).

2.1.18.2. Parcela circular

Las parcelas circulares son las más utilizadas en plantaciones, ya que su establecimiento es muy fácil, dado que solo se necesita marcar un punto y ver qué árboles están dentro del círculo. Solo si surgiera duda, se mide la distancia del centro de la parcela a un árbol dado para confirmar si ingresa o no en la parcela (Orozco y Brumér, 2002).

2.1.19. Manejo del cultivo de la teca

El manejo de la teca es similar al de otros cultivos forestales y se debe realizar un cronograma de acciones durante el ciclo del cultivo, poniendo un especial énfasis en las tareas que influyen en el incremento de volumen y calidad de la madera (Caballero, 2017).

2.1.19.1. Raleo

Los raleos persiguen disminuir el número de árboles en una plantación con el objetivo de aumentar el espacio para que puedan desarrollarse los mejores individuos remanentes y de esta manera enfocar el mayor crecimiento en estos. El número adecuado de raleos se basa en el objetivo final de la plantación, de la calidad del sitio y del mercado para las trozas que se puedan extraer de estos (Ugalde y Gómez, 2006).

Los objetivos principales que se persiguen al realizar un raleo dentro de una plantación son (Del Valle, 2021):

- Estimular el crecimiento de los árboles en remanentes.
- Mejorar a través de una selección adecuada, la calidad del rodal residual mediante la remoción de los árboles deficientes en forma y vigor, que compiten por luz, agua y nutrientes, con los árboles a ser cosechados.
- Adquirir retornos financieros intermedios y/o potenciar el valor final del cultivo, mediante la selección de los árboles que mejor satisfagan algunos objetivos del mercado.
- Incrementar la rotación basada en la culminación del IMA o disminuirla si se considera la obtención de un cierto diámetro meta u objetivo (rotación técnica).
- Incrementar la producción de volumen cúbico bruto de un rodal
- Mejorar el valor estético o recreacional del rodal

2.1.19.2. Tipos de raleo

Caál (2014) manifiesta que una plantación se pueden llevar a cabo los siguientes tipos de raleos:

Raleo por lo bajo: en el caso del raleo por lo bajo, el objetico fundamental es la liberación de los árboles dominantes y codominantes al eliminar las clases de copa inferiores. En raleos intensivos se puede cortar también parte o la totalidad de los árboles codominantes.

Raleo por lo alto: el objetivo del raleo alto es liberar a los árboles útiles que están en posición dominante y codominante, para favorecer el crecimiento de la clase de árboles intermedios y de árboles oprimidos vigorosos. Se efectúa sobre todo en la clase de árboles codominantes.

Raleo selectivo: aquí se eliminan todos los árboles que pertenecen a la clase dominante de copas, de modo que se liberan los árboles que pertenecen a las clases codominantes e intermedios, las que se convertirán en los futuros comerciales.

Raleo mecánico: en el raleo mecánico no se toma en cuenta la clase de copa, la calidad o el carácter general de los árboles. Los árboles se cortan en hileras o por áreas establecidas. Este raleo se emplea sobre todo en rodales jóvenes y uniformes. Frecuentemente es utilizado para eliminar árboles que todavía no son comerciales. en el raleo no selectivo se cortan todos los árboles en hileras o áreas.

Raleo libre: los árboles se talan sin apegarse a ninguno de los métodos mencionados. Los árboles individuales se eliminan de acuerdo a la opinión del técnico en cuanto a que es lo mejor para el desarrollo del rodal. Los criterios utilizados para la selección de árboles, tanto de los que se talarán como aquellos destinados a la producción comercial, incluyen la clase de la copa, vigor, espaciamiento, la forma y las características de la ramificación.

2.1.19.3. Intensidad de los raleos

Según Fuentes (2014) es el número de árboles o el área basal a extraer expresado en porcentaje, está determinado principalmente por el volumen para la corta final, que a su vez está relacionado con la calidad del sitio. Toda área, según la clase de edad de los árboles, tiene una capacidad máxima que puede soportar; de tal forma que cada árbol aproveche de manera óptima el espacio radicular y aéreo para su crecimiento.

2.1.19.4. Época

Isaula (2011) indica que el primer raleo se realiza al cuarto año o cuando la plantación alcanza de 7 a 9 m de altura, eliminando el 50% de los árboles (bifurcados). El segundo raleo se realiza a los 12 años, eliminando otro 50% de la plantación existente para dejar una población de 194 árboles/manzana o 278 árboles/ha que serán aprovechados en la corta final. Sin embargo Roncacio (2001) menciona que el primer raleo se realiza alrededor del quinto año, o cuando exprese la dominancia cerca de en un 50%. El segundo raleo se hace al año 11 con una intensidad del 50% de los árboles remanentes o se toma como referencia el área basal permanente, la cual se dejará crecer hasta 30 m^2/ha, dejando la densidad final proyectada para productos de alta calidad.

2.1.19.5. Ejemplo de intensidades de raleo

Se han realizado diferentes evaluaciones de intensidades de raleo en la especie forestal teca en Centroamérica, donde fue importante: después de la aplicación de distintas intensidades de raleos, diferencias de DAP comenzaron a ser evidentes, incrementando a medida que aumentaba la intensidad de raleo (figura 1a). el área basal en el año 4 difería en el rango de 14,6 y 18,2 m^2 ha^{-1} (figura 1b). los raleos de más fuerte intensidad (cortando el 60% de los árboles) disminuyó el área basal en un 48%, disminuyendo de 15,9 a 8, m^2 ha^{-1}. En el año 6, cuando se repitieron los mismos tratamientos dos años después, el área basal de los tratamientos varió en el rango de 23 y 26 m^2 ha^{-1} antes del raleo. Posterior al raleo el área basal disminuyó a un rango de 13,1 y 22,4 m^2 ha^{-1} (el testigo se mantuvo en 26 m^2 ha^{-1}). Los tratamientos aplicados en el año 4 recuperaron el área basal extraída más rápido que los tratamientos realizados al año 6, después de un período (Proaño, 2011).

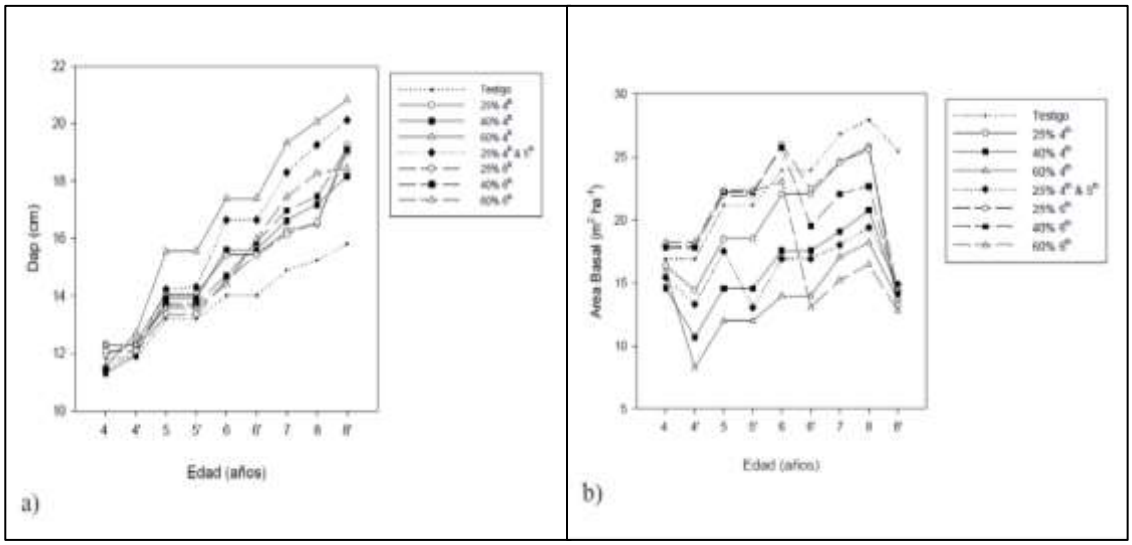

Figura 1. DAP (a) y área basal (b) antes y después de lo raleos desde el año 4 hasta el año 6 a diferentes intensidades de raleo (Proaño, 2011).

2.2. Marco referencial

El cultivo de *T. grandis* a través de plantaciones forestales es relevante debido a la disminución en las áreas naturales, así como el aumento en la oferta y demanda, aunque, dejan en constancia que las plantaciones de esta especie comprenden un recurso emergente que le hace falta mucho camino por recorrer para convertirse en un recurso significativo desde una perspectiva social y privada (De Camino y Morales, 2013).

Mollinedo *et al*. (2016) caracterizaron el crecimiento de plantaciones jóvenes de teca, su avance en cuanto al desarrollo y crecimiento, donde se examinaron datos de una suma de 248 parcelas permanentes establecidas entre 1998 y 2001, estimaciones hechas cada año entre 2004 y 2009; encontrando que en promedio 13,01% de los sitios presentan altos crecimientos, 70,66% crecimientos medios y 16 crecimientos bajos, para sitios medios a altos, es decir, al 83.67%, incremento medio anual en altura (IMAHTOT) entre 1,98 m año^{-1} y 2,62 m año^{-1}, incremento medio anual del DAP (IMADAP) entre 2,23 cm año^{-1} y 2,82 cm año^{-1} y una eficiencia de 9,89 m^3 año^{-1} a 17,22 m^3 año^{-1}.

González (2017) realizó un estudio en plantaciones de *T. grandis* de cinco y trece años, donde se levantaron parcelas temporales con forma rectangular. Realizó un muestreo al azar, para la evaluación, se calculó la altura dominante de los 100 árboles más gruesos por cada hectárea, el volumen por hectárea se dedujo del volumen de las parcelas de 500 m^2; el diámetro promedio para el área 1 fue de 18,80 cm y la altura promedio fue de 7m^2; en el área 2, se obtuvieron 8 cm: como promedio para el diámetro y 5 m para la altura. El indicador de desarrollo viene dado por el incremento medio anual, que para el diámetro fue de 1,40 y 1,60 cm/año y para la altura de 0,70 y 0,96 m/año en las áreas 1 y 2. El incremento medio anual en volumen/hectárea fue de 2,13 y 6,92 m^3/ha/año.

Mollinedo *et al.* (2005) realizaron un estudio en el cual determinaron la relación suelo-árbol y los factores del sitito, en las plantaciones de *T. grandis* jóvenes. Utilizando un muestreo factorial estratificado con 4 repeticiones (3 x 3 x 4 m), se seleccionaron 36 parcelas permanentes de medición. Se analizaron como variables de sitio el estado nutritivo del suelo y agrupamiento foliar de las plantaciones de teca de hasta 42 meses de edad, donde se midió el incremento medio anual en altura, diámetro y volumen. Se encontró que, considerando el IMA en volumen, el 29% de las plantaciones se ubican en la clase de crecimientos bajos (2,9 – 4,3 m^3 ha^{-1} año^{-1}), el 59% en crecimientos medios (6,3-8,3 m^3 ha^{-1} año $^{-1}$) y 12% (10,3-13,3 m^3 ha $^{-1}$ año^{-1}) en la clase de altos crecimientos.

Las principales variables fundamentales que explican las diferencias en los crecimientos fueron, el porcentaje de saturación de acidez, el cual debe ser <8%, y el porcentaje de saturación de Ca > 40% para lograr los mejores valores de crecimientos de los árboles; este resultado es mucho aún más evidente cuando solo se piensa en suelos con un valor de pH<5,5 (Mollinedo *et al.*, 2005).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización y características del área de estudio

El estudio se realizó en la Estación Experimental Portoviejo (EEP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), - Lote experimental La Teodomira que se encuentra ubicado en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, con las siguientes coordenadas 1°10´02.38” latitud Sur y 80°23´18.30” longitud Oeste. (Figura 2). La EEP se inauguró en el año 1962, con el objetivo de impulsar el desarrollo agropecuario de la provincia de Manabí y generar tecnologías para cultivos de importancia social y económica de la zona de influencia, con el fin de mejorar la realidad producción y productividad del sector agropecuario de la provincia (Ponce, 2020). El INIAP por intermedio del Programa de Forestería de la EEP estableció en el año 2015 un estudio para evaluar el comportamiento de trece procedencias de *T. grandis* que actualmente tienen 6 años de edad. En la (figura 3) se observa la ubicación de las zonas de muestreo en el la EEP.

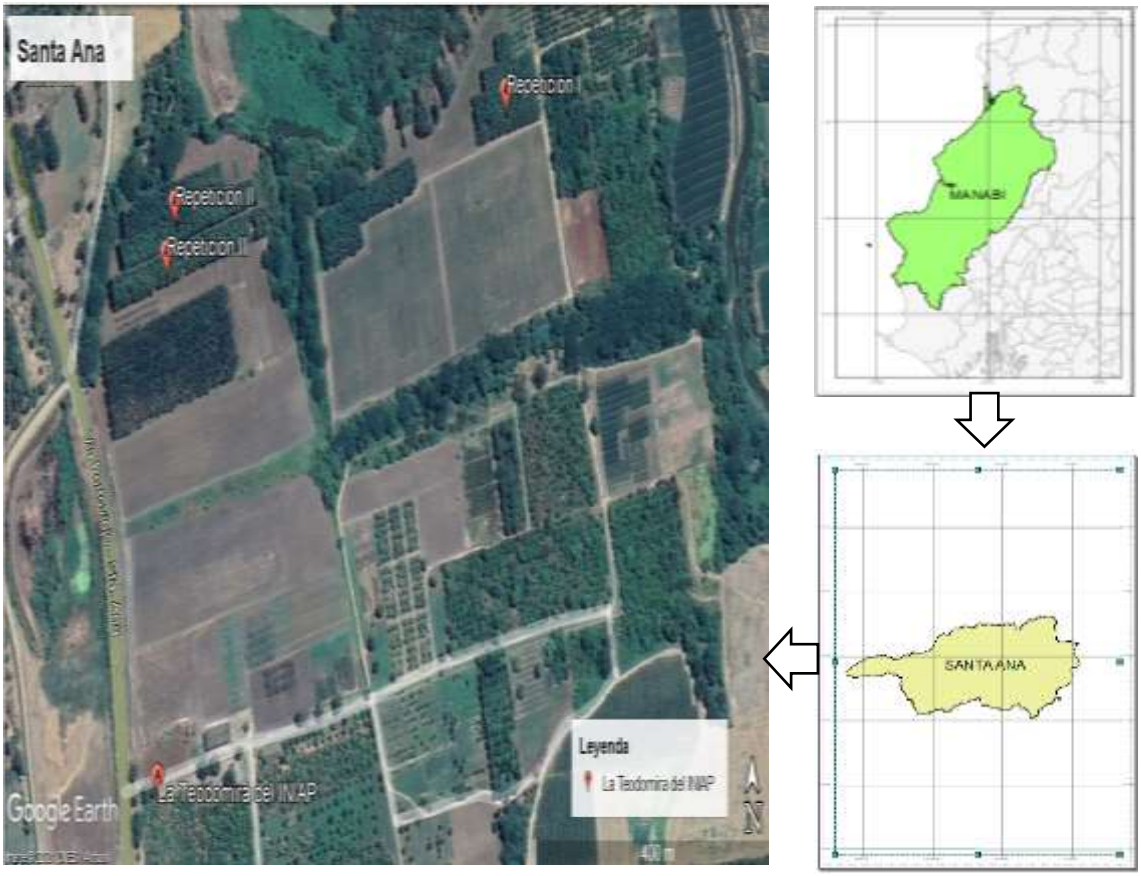

Figura 2. Ubicación de la Estación Experimental Portoviejo – Lote Teodomira (EEP) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí.

Fuente: Google Earth – Arcgis.

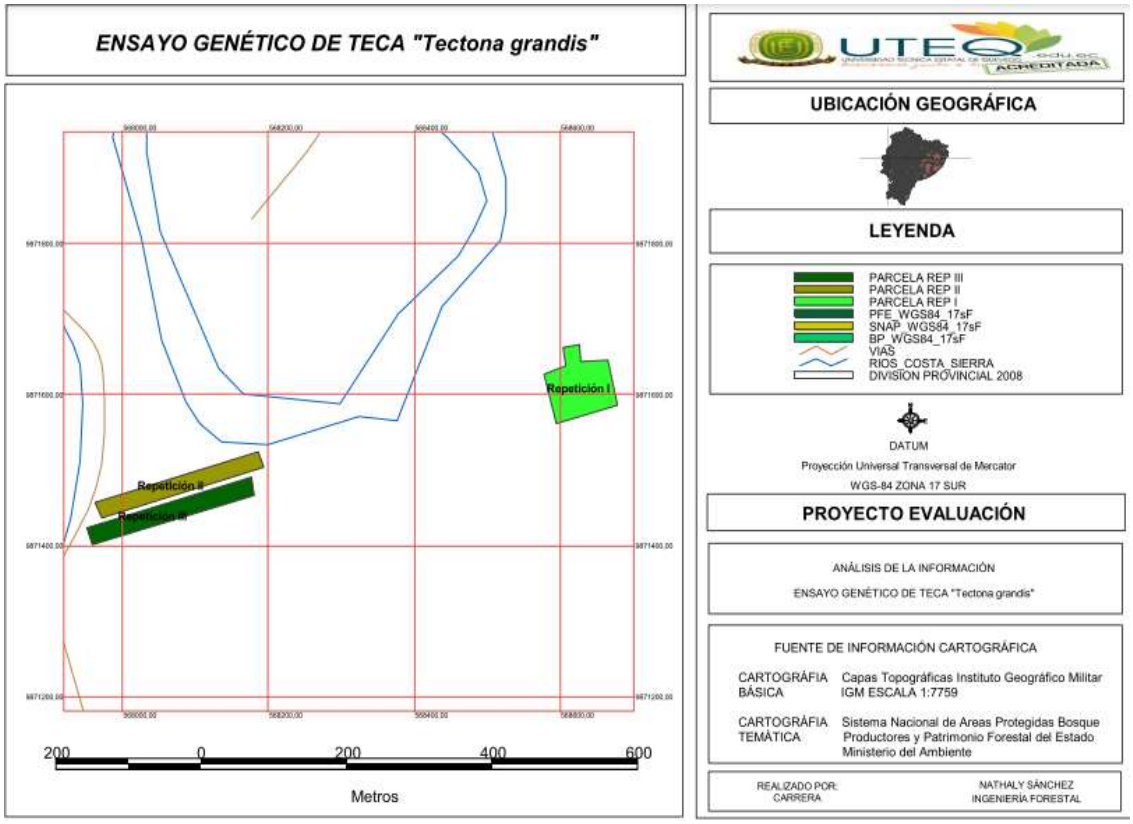

Figura 3. Ubicación de las zonas de muestreo en la EEP del cantón Santa Ana, provincia de Manabí.

Tabla 1. Coordenadas UTM de los vértices principales del polígono del área de estudio.

COORDENADAS DEL ENSAYO		
PUNTOS	**X**	**Y**
P1	0568680	9871586
P2	0568595	9871562
P3	0568579	9871628
P4	0568608	9871638
P5	0568604	9871662
P6	0568627	9871666
P7	0568629	9871644
P8	0568667	9871646
P9	0567958	9871400
P10	0567951	9871424
P11	0567971	9871436
P12	0567962	9871456
P13	0568186	9871524
P14	0568193	9871504
P15	0568178	9871490
P16	0568181	9871466

3.2. Límites de la zona de estudio

En el cantón Santa Ana, el sitio de estudio limita al norte con el cantón Portoviejo, al sur con los cantones 24 de mayo y Olmedo, al oeste con los cantones Pichincha y Balzar y al oeste con los cantones Jipijapa, 24 de mayo y Portoviejo.

3.3. Características edafoclimáticas

3.3.1. Características edafoclimáticas del cantón Santa Ana.

Las características edafoclimáticas del cantón Santa Ana provincia de Manabí se detallan a continuación (De Santa Ana, 2015):

Altitud……...……..400 msnm
Precipitación media anual…….….500 y 1000 – 1200 mm
Temperatura promedio anual……..26 °C
Humedad relativa media anual…….. 87%
Topografía……..Irregular
Textura del suelo…….……...Franco arcilloso

3.4. Tipo de investigación

El estudio se realizó en un ensayo genético de *T. grandis* de seis años de edad, establecida en el año 2015 por el Programa de Forestería en la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), la investigación fue de tipo experimental, la cual consistió en la toma de datos de cada uno de los árboles presentes en las unidades de muestreo establecidas, con los aspectos relevantes para el estudio como, DAP, altura total, altura comercial, área basal, volumen y ubicación espacial de los individuos a muestrear, con la finalidad de determinar el crecimiento, incremento medio anual y la intensidad de raleo del ensayo de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras. Este tipo de investigación se basó tanto en la observación directa como exploratoria en el sitio y análisis de datos a través del uso de herramientas de medición forestal para obtener resultados sobre el problema y objetivos planteados en la presente investigación.

3.5. Métodos de investigación

3.5.1. De observación

Mediante la observación directa en el lugar de estudio, se obtuvo información requerida para la presente investigación propuesta.

3.5.2. Analítico

Como su término mismo lo indica es el análisis detallado de la observación y datos recolectados mediante el uso de instrumentos en la fase de campo del proyecto, lo que ayudó a determinar el incremento medio anual (IMA) de las variables dasométricas hasta los seis años de edad del ensayo de *T. grandis.*

3.5.3. Descriptivo

Mediante este método se pudo determinar el tamaño y forma de las parcelas que se utilizaron, las cuales fueron establecidas aleatoriamente y los datos registrados en cada una de ellas fueron; diámetro, área basal y altura de los árboles, lo que permitió obtener datos fiables de cada una de las procedencias establecidas en el ensayo genético de *T. grandis.*

3.6. Fuentes de recopilación de información

La información presentada en el proyecto de investigación se obtuvo de dos fuentes que a continuación se detallan:

3.6.1. Fuentes primarias

Se recopilaron datos mediante mediciones y estimación de las variables dasométricas en parcelas designadas dentro del ensayo genético de *T. grandis* en la EEP del INIAP, en donde se utilizó materiales de campo (machete, receptor GPS navegador, libreta de campo, lápiz, borrador, hipsómetro, cinta diamétrica, estacas, cámara digital, vehículo, pintura en aerosol color anaranjado).

3.6.2. Fuentes secundarias

Se obtuvo la información teórica necesaria para la investigación de diversas fuentes tales como artículos científicos, documentos científicos, revistas, libros y tesis.

3.7. Diseño de la investigación

3.7.1. Población

El proyecto de investigación tuvo como población de estudio un ensayo genético de *T. grandis* establecida en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP proveniente de trece fuentes semilleras, bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones.

3.7.2. Muestra

El presente proyecto se desarrolló con los datos de un ensayo genético de teca del Programa de Forestería de la EEP del INIAP (Figura 4), establecido en el año 2015, bajo un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones y trece tratamientos que dieron lugar a 39 unidades experimentales de 225 m^2, a un distanciamiento de 3 x 3 m, con dirección norte-sur de forma geométrica rectangular y una muestra total de 975 árboles.

Figura 4. Ensayo de las procedencias de *T. grandis* en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

El material vegetativo experimental que se utilizó para el establecimiento del ensayo genético de *T. grandis* provino de las fuentes semilleras que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Fuentes semilleras utilizadas para el establecimiento del ensayo genético de *T. grandis* en la EEP del INIAP.

Material Genético #	Procedencia	Código Procedencia	Proveedor	Origen	Tipo de Fuente Semillera
1	Mansión, Costa Rica	CATIE 186	Banco de Semilla Forestal del CATIE de Costa Rica	Derivada	Rodal Semillero
2	Mambi, Costa Rica	CATIE 195			
3	Peñas Blancas, Costa Rica	CATIE 194			
4	Peñas Blancas, Costa Rica	CATIE 211			
5	Santa Cruz, Costa Rica	CATIE 059		Derivada, Trinidad y Tobago	Rodal Semillero
6	Santa Alicia, 112-TEC 10, Costa Rica	S&BM	Semillas & Bosques Mejorados de Costa Rica	Derivada, Trinidad y Tobago	Rodal Semillero
7	Santa Cruz, El Mango, Costa Rica	S&BM 001			
8	Nicoya, Nambi, Costa Rica	S&BM 005			
9	Peñas Blancas, Costa Rica	S&BM 007			
10	Santa Cruz, Río Tabaco, PAVAS-112, Costa Rica	S&BM TEC 039			
11	Mtibwa, Morogoro, Tanzania	S&BM 082		Asia, India	Fuente Seleccionada
12	Kihuhwi, Tanga, Tanzania	S&BM 083		Asia, India	Rodal Semillero
13	Mtibwa, Morogoro, Tanzania, Costa Rica	S&BM 084		Asia, India y Razas Locales	Huerto semillero

Fuente: Limongi (2015).

3.8. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para analizar los datos recolectados en el ensayo genético de *T. grandis* establecido en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, para el cálculo de las variables de estudio se usaron diferentes tipos de programas.

En la tabla 3 se detalla el Análisis de Varianza (ADEVA) propuesto para el DBCA.

Tabla 3. Análisis de varianza

Fuente de variación	**Grados de libertad**
Bloque	r-1=2
Tratamiento (fuentes semilleras)	t-1=12
Error	(t-1) *(r-1) =24
Total	t*r-1=38

3.9. Instrumento de investigación

Se realizó una observación directa al ensayo genético de *T. grandis* para evaluar las variables dasométricas y de esta manera se pudo obtener los datos necesarios para el estudio y así alcanzar los objetivos planteados con anterioridad.

3.10. Tratamiento de los datos

3.10.1. Registro de mediciones de campo

La información fue registrada en un formulario de campo que fue empleado para determinar el incremento medio anual de la plantación de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras mediante la evaluación de las variables dasométricas, tomando un punto de la zona de estudio completamente al azar en dirección norte-sur. Se realizó la enumeración de cada árbol utilizando pintura en aerosol color anaranjado, posteriormente se registró el valor de cada una de las variables de los árboles, utilizando un hipsómetro y una cinta diamétrica para obtener mayor precisión en la medición del diamétrico.

3.10.2. Datos tomados y métodos de evaluación

Las medidas que se consideraron para determinar el incremento medio anual (IMA) del ensayo genético de *T. grandis* se la obtuvo mediante la toma de datos de mediciones de los individuos presentes en cada tratamiento y sumadas sus tres repeticiones generaron el número de individuos presentes en cada procedencia, por consiguiente, se procedió a calcular mediante fórmulas estadísticas las variables conformadas por:

3.10.2.1. Altura total (m)

Para esta medición se utilizó un hipsómetro de Sunnto, se hicieron dos visuales al árbol, desde el nivel del suelo y otra en el ápice a una distancia de 20 m, y luego sumando el valor superior con el inferior se obtuvo la altura total del árbol (Fuentes, 2014).

3.10.2.2. Altura comercial (m)

Para la medición de altura comercial de los árboles se utilizó un hipsómetro Sunnto, midiendo desde la base del árbol hasta inicio de la rama a una distancia de 20 m.

3.10.2.3. Diámetro a la altura del pecho (DAP = 1,30 m)

Esta medición se realizó a 1,30 m sobre el nivel del suelo a la altura del pecho (DAP) utilizando una cinta diamétrica sobre la corteza del árbol (Balarezo, 2005).

3.10.2.4. Área basal (m^2)

El cálculo del área basal se realizó después de inventariar las unidades de muestreo dentro de la plantación mediante la fórmula (1) indicada por Ponce (2020).

$$AB = \frac{\pi}{4}(DAP)^2 \quad \text{fórmula (1)}$$

Donde:

AB = área basal (m^2)
π = valor de pi (constante)
DAP = diámetro altura al pecho (1,30 m desde el suelo).

3.10.2.5. Incremento Medio Anual

El incremento medio anual se calculó para el DAP, área basal, altura y volumen mediante la siguiente fórmula (3) indicada por Sarmiento (2013).

$$IMA = \frac{y}{t} \quad \text{fórmula (3)}$$

Dónde:

IMA = Incremento medio anual

y= Volumen total acumulado por hectárea

t= Edad de la plantación

3.10.2.6. Volumen (m^3)

El volumen de los árboles en pie se calculó en base a su altura comercial y el diámetro, mediante la siguiente fórmula (4) (Aguayo, 2012):

$$V = \frac{\pi}{4}(DAP)^2 \quad \text{fórmula (4)}$$

Dónde:

π = valor de pi (constante)

DAP = diámetro altura al pecho

h = altura total o comercial

f = factor de forma

3.10.3. Procesamiento y análisis

La documentación recopilada en el campo fue registrada manualmente en el programa informático Excel donde se establecieron plantillas electrónicas específicas para cada variable en estudio, convirtiéndose en el primer filtro para detectar errores de escritura y digitación. Una vez digitada la información en orden, con cada una de las parcelas y tratamientos se procedió a exportarla en programa Infostat para el análisis de los datos (figura 5); en el cual se realizaron estadísticos descriptivos, donde se detallan las medidas de tendencia central (media y mediana) desviación estándar, coeficiente de variación, rangos, análisis de normalidad mediante la prueba de *Shapiro Wilks*, gráficos de crecimiento, como supuestos de tendencia Q-Q-Plot e histogramas de distribución de frecuencia absoluta para la evaluación de todas las variables y el análisis de varianza en la determinación del IMA para las variables que indicaron diferencias significativas en el crecimiento de los árboles.

Figura 5. Software Infostat versión estudiantil

3.11. Recursos humanos y materiales

Para el desarrollo de esta investigación se contó con la contribución del tutor del proyecto de investigación Ing. For. José Pedro Suatunce Cunuhay, el coautor Ing. Agron. Ricardo Limongi Andrade y el Econ. Raúl Valentín Mora encargado del departamento de Recursos Fitogenéticos de la Estación Pichilingue y el autor del proyecto de investigación Nathaly Yanai Sánchez Cedeño.

3.12. Materiales

Durante el proceso de la investigación se utilizó diferentes herramientas y materiales, estos se detallan a continuación:

3.12.1. Materiales de campo

- Receptor GPS navegador
- Hipsómetro
- Cintas métricas
- Tableros
- Lápices
- Hojas de registro
- Borrador
- Machete
- Cámara fotográfica
- Vehículo

3.12.2. Materiales de oficina

- Computador
- Impresora
- Hojas tamaño A4
- Bolígrafos
- Cuaderno de apuntes
- Libros
- Documentos electrónicos
- CD´s

3.12.3. Software

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Microsoft Power point
- Sistema de Información geográfica Arcgis
- Infostat versión estudiantil

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de las variables dasométricas asociadas a trece fuentes semilleras de *T. grandis* presentes en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

4.1.1. Estadística descriptiva de las variables dasométricas en *T. grandis*

En la tabla 4, se detallan las principales medidas de tendencia central de las variables DAP (diámetro altura al pecho), HT (altura total), HC (altura comercial), AB (área basal), VT (volumen total) y VC (volumen comercial), que proceden de 528 individuos de teca a los 6 años.

Tabla 4. Estadística descriptiva de las variables dasométricas en *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP.

Variables	n	Media	SD	EE	CV	Mín	Máx	Rango	Asimetría	Curtosis
DAP	528	17,37	1,74	0,08	9,99	13,30	26,0	12,70	0,71	1,67
HT	528	15,93	1,42	0,06	8,92	12,50	22,5	10,00	0,84	1,64
HC	528	7,23	1,02	0,04	14,04	4,50	10,5	6,00	0,17	-0,2
AB	528	0,02	0,00	0,00	20,56	0,01	0,05	0,04	1,19	3,68
VT	528	0,27	0,07	0,00	26,55	0,14	0,69	0,55	1,40	4,49
VC	528	0,12	0,04	0,00	29,96	0,06	0,35	0,29	1,32	4,17

Dap= diámetro altura al pecho; HT= altura total; HC= altura comercial; AB= área basal; VT= volumen total; VC= volumen comercial; CV= coeficiente de variación; n= número de observaciones; SD= desviación estándar; Mín.=mínimo; Máx.=máximo.

4.1.2. Prueba de Normalidad

La prueba de normalidad por *Shapiro-Wilks* (Tabla 5), supuestos de tendencia e histograma de frecuencias (figuras 6 y 7) muestran que las variables dasométricas; DAP (diámetro altura al pecho), HT (altura total), HC (altura comercial), AB (área basal), VT (volumen total) y VC (volumen comercial) no cumplen con los supuestos de normalidad.

Tabla 5. Prueba de *Shapiro-Wilks* de las variables dasométricas de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (una cola)
DAP	528	17,37	1,74	0,97	<0,0001
HT	528	15,93	1,42	0,95	<0,0001
HC	528	7,23	1,02	0,96	<0,0001
AB	528	0,02	0,00	0,94	<0,0001
VT	528	0,27	0,07	0,92	<0,0001
VC	528	0,12	0,04	0,93	<0,0001

Dap= diámetro altura al pecho; HT= altura total; HC= altura comercial; AB= área basal; VT= volumen total; VC= volumen comercial; W*=valor de probabilidad de Shapiro-Wilks (modificado); p (una cola) = probabilidades (una sola tendencia).

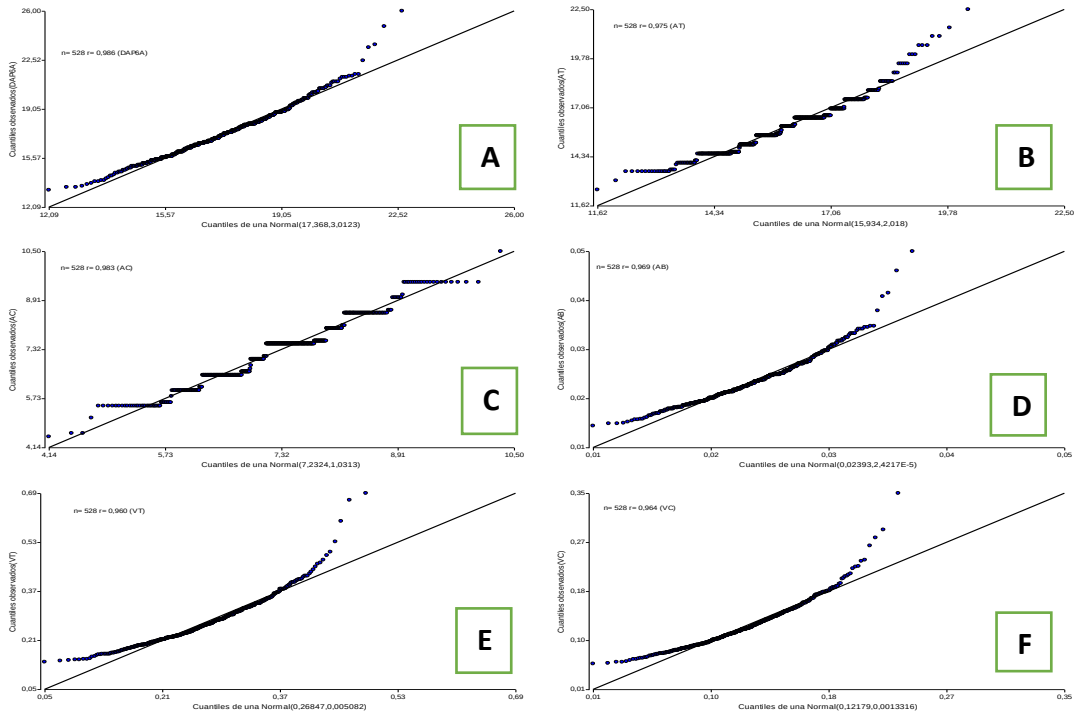

Figura 6. Supuestos de tendencia de normalidad en las variables A: DAP (diámetro altura al pecho), B: HT (altura total), C: HC (altura comercial), D: AB (área basal), E: VT (volumen total) F: VC (Volumen comercial).

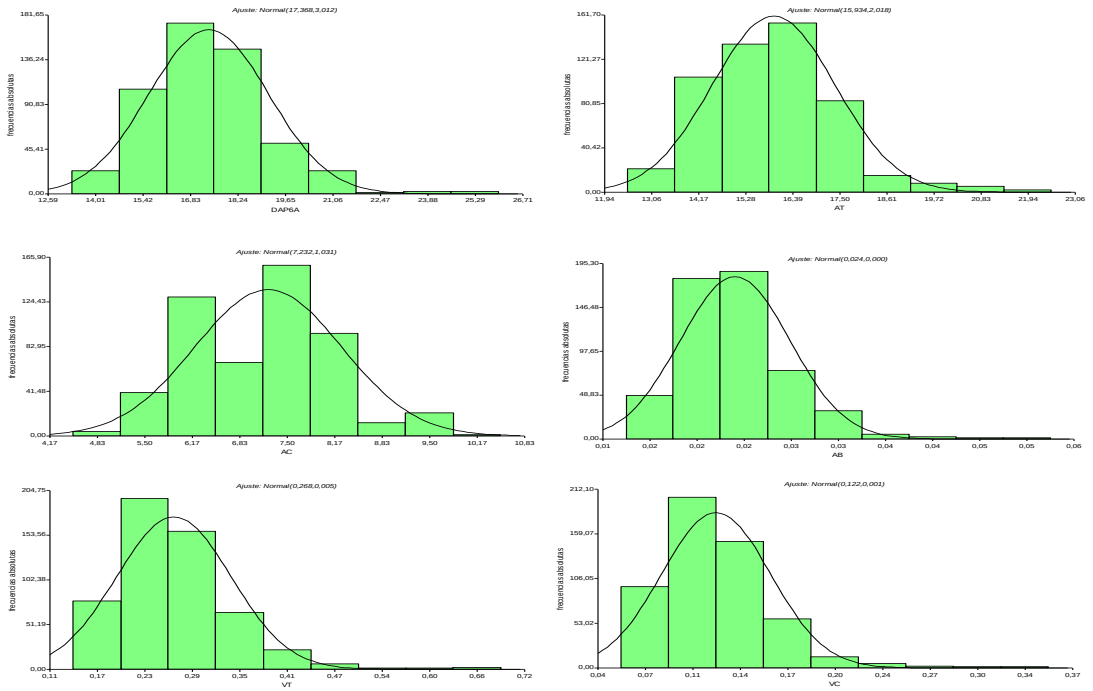

Figura 7. Histogramas de distribución de frecuencia en las variables A: DAP (diámetro altura al pecho), B: HT (altura total), C: HC (altura comercial), D: AB (área basal), E: VT (volumen total), F: VC (volumen comercial).

4.1.3. Diámetro altura al pecho (DAP, cm)

La tabla 6, muestra la media aritmética, la mediana y los rangos con sus respectivos valores de significación estadística para la variable DAP de los trece tratamientos. La prueba de *Kruskal Wallis* presentó alta significación estadística y sus mayores valores de rangos estuvieron asociados a la procedencia S&BM 007 (rango = 346,30 cm, media = 18,46 cm), e iguales estadísticamente a las procedencias: S&BM 082 (rango = 338,7 cm, media = 18,29 cm), CATIE 186 (rango = 298,39 cm, media = 17,62 cm) CATIE 211 (rango = 285,19 cm, media = 17,53 cm). La procedencia CATIE 194 (rango = 180,90 cm, media = 16,46 cm) mostró los menores rangos de DAP. Cinco tratamientos superaron a la media general de 17,33 cm DAP.

Tabla 6. Análisis estadístico mediante la prueba de *Kruskal wallis* para el DAP en el ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 45,65 P = < 0,000.

#	Tratamientos	n	Media (cm)	*SD*	Mediana (cm)	Rangos	
T1	CATIE 186	59	17,62	1,63	17,70	298,39	*c d e*
T2	CATIE 195	39	17,48	1,68	17,30	275,31	*b c d*
T3	CATIE 194	40	16,46	1,29	16,45	180,90	*a*
T4	CATIE 211	40	17,53	1,31	17,40	285,19	*b c d e*
T5	CATIE 059	38	17,01	1,46	17,15	235,59	*a b c*
T6	S&BM	40	17,25	2,05	16,95	250,89	*b c*
T7	S&BM 001	40	16,99	1,59	16,75	227,95	*a b*
T8	S&BM 005	36	17,06	1,73	16,80	235,49	*a b c*
T9	S&BM 007	41	18,46	2,48	18,00	346,30	*e*
T10	S&BM TEC 039	31	16,98	1,71	17,00	237,71	*a b c*
T11	S&BM 082	44	18,29	1,86	18,10	338,74	*d e*
T12	S&BM 083	39	17,19	1,29	17,00	249,95	*b c*
T13	S&BM 084	41	17,09	1,18	16,90	240,66	*a b c*
	Media	41	17,33	0,36	17,19	165,40	

n= número de observaciones; SD= desviación estándar; H y P= Estadísticos de probabilidades.

4.1.4. Altura total (HT, m)

La tabla 7 muestra los valores promedios, la media aritmética, la mediana y los rangos con sus respectivos valores de significación estadística para la variable HT de los 13 tratamientos. La prueba de *Kruskal Wallis* presentó alta significación estadística; sus

mayores valores estuvieron asociados a la procedencia S&BM 007 (rango = 412,56 m, media = 17,32 m). La procedencia CATIE 194 (rango = 135,78 m, media = 14,80 m) presentó los menores rangos de HT. Cinco tratamientos superaron a la media general de 15,92 m de HT.

Tabla 7. Análisis estadístico no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para HT del ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 124,12 P = < 0,0001.

#	Tratamientos	n	Media (m)	*SD*	Mediana (m)	Rangos	
T1	CATIE 186	59	16,13	0,90	16,10	302,43	*e f*
T2	CATIE 195	39	17,50	2,27	17,50	372,08	*g*
T3	CATIE 194	40	14,80	1,04	14,50	135,78	*a*
T4	CATIE 211	40	15,55	0,90	15,50	228,08	*b c d*
T5	CATIE 059	38	15,44	0,92	15,50	207,51	*b c*
T6	S&BM	40	15,31	1,18	15,10	201,56	*a b*
T7	S&BM 001	40	15,54	1,19	15,25	223,00	*b c*
T8	S&BM 005	36	15,88	1,51	16,00	271,89	*c d e f*
T9	S&BM 007	41	17,32	1,27	17,00	412,56	*h*
T10	S&BM TEC 039	31	16,11	1,05	16,50	294,77	*d e f*
T11	S&BM 082	44	16,39	1,13	16,50	325,32	*f g*
T12	S&BM 083	39	15,69	1,08	16,00	246,32	*b c d e*
T13	S&BM 084	41	15,36	0,97	15,50	198,00	*a b*
Media General		41	15,92	0,37	15,91	276,78	

n= número de observaciones; SD= desviación estándar; H y P= Estadísticos de probabilidades.

4.1.5. Altura comercial (HC, m)

La tabla 8 muestra los valores promedios, la media, la mediana y los rangos con sus respectivos valores de significación estadística para la variable HC de los trece tratamientos. La prueba de *Kruskal Wallis* presentó alta significación estadística y sus mayores valores de rangos estuvieron asociados a la procedencia S&BM 007 (rango = 319,95 m, media = 7,74 m), e iguales estadísticamente a las procedencias: CATIE 195 (rango = 311,27 m, media = 7,46 m), CATIE 059 (rango = 301,66 m, media = 7,53 m), CATIE 186 (rango = 302,43 m, media = 16,13 m), S&BM 005 (rango = 271,89 m, media = 15,88 m) S&BM TEC 039 (rango = 294,77 m, media = 16,11 m) y S&BM 083 (rango

= 246,32 m, media = 15,69 m). La procedencia S&BM 084 (rango = 198,05, media = 6,81 m) presentó los menores rangos de HC. Seis tratamientos superaron a la media general de 7,23 m de HC.

Tabla 8. Análisis estadístico no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para la HC en el ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 28,83 P = < 0,0033.

#	Tratamientos	N	Media (m)	*SD*	Mediana (m)	Rangos	
T1	CATIE 186	59	7,20	0,86	7,10	261,00	*b c d e*
T2	CATIE 195	39	7,46	0,70	7,50	311,27	*d e*
T3	CATIE 194	40	7,21	0,98	7,50	260,95	*a b c d e*
T4	CATIE 211	40	6,95	1,10	6,60	232,85	*a b c*
T5	CATIE 059	38	7,53	1,03	7,50	301,66	*d e*
T6	S&BM	40	7,27	0,88	7,50	272,23	*b c d e*
T7	S&BM 001	40	6,86	0,93	6,55	208,53	*a b*
T8	S&BM 005	36	7,12	1,10	7,50	260,47	*a b c d e*
T9	S&BM 007	41	7,74	1,39	8,50	319,95	*e*
T10	S&BM TEC 039	31	7,42	1,00	7,50	291,95	*c d e*
T11	S&BM 082	44	7,40	1,04	7,50	283,94	*c d e*
T12	S&BM 083	39	7,10	0,93	7,50	243,94	*a b c d*
T13	S&BM 084	41	6,81	0,87	6,50	198,05	*a*
	Media	**41**	7,23	0,164	7,32	121,90	

n= número de observaciones; SD= desviación estándar; H y P= Estadísticos de probabilidades.

4.1.6. Área basal (AB, m^2)

La tabla 9 muestra los valores promedios, la media, la mediana y los rangos con sus respectivos valores de significación estadística para la variable AB de los trece tratamientos. La prueba de *Kruskal Wallis* presentó una alta significación estadística y sus mayores valores de rangos fueron los que estuvieron asociados a las procedencias: S&BM 007 (rango = 346,32 m^2, media = 0,03 m^2) e iguales estadísticamente a las procedencias: S&BM 082 (rango = 338,74 m^2, media = 0,03 m^2), CATIE 186 (rango = 298,40 m^2, media = 0,02 m^2) y CATIE 211 (rango = 285,11 m^2, media = 0,02 m^2). La procedencia CATIE 194 (rango = 180,90 m^2, media = 0,02 m^2) fue la que presentó los menores rangos de AB. Dos tratamientos fueron los que superaron a la media general de 0,02 m^2 de AB.

Tabla 9. Análisis estadístico no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para el AB en el ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 45,65 P = < 0,0001.

#	Tratamientos	n	Media (m^2)	*SD*	Mediana (m^2)	Rangos	
T1	CATIE 186	59	0,02	0,00	0,02	298,40	*c d e*
T2	CATIE 195	39	0,02	0,00	0,02	275,32	*b c d*
T3	CATIE 194	40	0,02	0,00	0,02	180,90	*a*
T4	CATIE 211	40	0,02	0,00	0,02	285,11	*b c d e*
T5	CATIE 059	38	0,02	0,00	0,02	235,59	*a b c*
T6	S&BM	40	0,02	0,01	0,02	250,90	*b c*
T7	S&BM 001	40	0,02	0,00	0,02	227,95	*a b*
T8	S&BM 005	36	0,02	0,00	0,02	235,49	*a b c*
T9	S&BM 007	41	0,03	0,01	0,03	346,32	*e*
T10	S&BM TEC 039	31	0,02	0,00	0,02	237,73	*a b c*
T11	S&BM 082	44	0,03	0,01	0,03	338,74	*d e*
T12	S&BM 083	39	0,02	0,00	0,02	249,96	*b c*
T13	S&BM 084	41	0,02	0,00	0,02	240,66	*a b c*
	Media	**41**	0,02	0,00	0,02	165,42	

n= número de observaciones; SD= desviación estándar; H y P= Estadísticos de probabilidades.

4.1.7. Volumen total (VT, m^3)

La tabla 10 muestra los valores promedios, la media, la mediana y los rangos con sus respectivos valores de significación estadística para la variable VT de los 13 tratamientos. La prueba de *Kruskal Wallis* presentó alta significación estadística, sus mayores valores de rangos estuvieron asociados a la procedencia S&BM 007 (rango = 376,09 m^3, media = 0,33 m^3), e igual estadísticamente a las procedencias: S&BM 082 (rango = 346,11 m^3, media = 0,31 m^3), CATIE 195 (rango = 328,71 m^3, media = 0,30 m^3). La procedencia CATIE 194 (rango = 154,43 m^3, media = 0,22 m^3), presentó los menores rangos del VT. Cuatro tratamientos superaron la media general de 0,26 m^3 VT.

Tabla 10. Análisis estadístico no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para el VT en el ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 81,82 P < 0,0001

#	Tratamientos	n	Media (m^3)	*SD*	Mediana (m^3)	Rangos	
T1	CATIE 186	59	0,28	0,06	0,28	303,13	*d e f*
T2	CATIE 195	39	0,30	0,08	0,29	328,71	*e f g*
T3	CATIE 194	40	0,22	0,05	0,22	154,43	*a*

#	Tratamientos	n	Media (m^3)	SD	Mediana (m^3)	Rangos	
T4	CATIE 211	40	0,26	0,05	0,26	271,56	*c d e*
T5	CATIE 059	38	0,25	0,05	0,24	221,61	*a b c*
T6	S&BM	40	0,26	0,07	0,25	235,63	*b c*
T7	S&BM 001	40	0,25	0,06	0,24	223,15	*b c*
T8	S&BM 005	36	0,26	0,07	0,24	238,18	*b c*
T9	S&BM 007	41	0,33	0,11	0,32	376,09	*g*
T10	S&BM TEC 039	31	0,26	0,06	0,25	253,63	*b c d*
T11	S&BM 082	44	0,31	0,07	0,30	346,11	*f g*
T12	S&BM 083	39	0,26	0,05	0,26	249,94	*b c d*
T13	S&BM 084	41	0,24	0,04	0,23	202,62	*a b*
	Media	41	0,26	0,02	0,26	221,66	

n= número de observaciones; SD= desviación estándar; H y P= Estadísticos de probabilidades.

4.1.8. Volumen comercial (VC, m^3)

En la tabla 11 se detallan los valores promedios, la mediana y los rangos con sus respectivos valores de significación estadística para la variable VC de los 13 tratamientos. La prueba de *Kruskal Wallis* presentó alta significación estadística y sus mayores valores de rangos estuvieron asociados a las procedencias S&BM 007 (rango = 355,18 m^3, media = 0,15 m^3), e iguales estadísticamente a las procedencias: S&BM 082 (rango = 333,56 m^3, media = 0,14 m^3), CATIE 195 (rango = 296,86 m^3, media = 0,13 m^3). La procedencia S&BM 084 (rango = 178,88 m^3, media = 0,10 m^3) presentó los menores rangos de VC. Tres tratamientos superaron a la media general de 1,58 m^3 VC.

Tabla 11. Análisis no paramétrico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para el VC en ensayo de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP. H = 50,99 P < 0,0001

#	Tratamientos	n	Media (m^3)	*SD*	Mediana (m^3)	Rangos	
T1	CATIE 186	59	0,12	0,03	0,12	288,70	*c d*
T2	CATIE 195	39	0,13	0,03	0,12	296,86	*c d e*
T3	CATIE 194	40	0,11	0,03	0,10	206,25	*a b*
T4	CATIE 211	40	0,12	0,03	0,12	256,89	*b c*
T5	CATIE 059	38	0,12	0,03	0,12	270,87	*b c d*
T6	S&BM	40	0,12	0,04	0,12	257,49	*b c*
T7	S&BM 001	40	0,11	0,03	0,10	216,54	*a b*
T8	S&BM 005	36	0,12	0,04	0,11	239,54	*a b c*
T9	S&BM 007	41	0,15	0,06	0,14	355,18	*e*

#	Tratamientos	n	Media (m^3)	*SD*	Mediana (m^3)	Rangos	
T10	S&BM TEC 039	31	0,12	0,04	0,12	267,63	*b c d*
T11	S&BM 082	44	0,14	0,04	0,13	333,56	*d e*
T12	S&BM 083	39	0,12	0,03	0,12	250,58	*b c*
T13	S&BM 084	41	0,10	0,03	0,10	178,88	*a*
	Media	**41**	1,58	0,01	1,52	176,30	

n= número de observaciones; SD= desviación estándar; H y P= Estadísticos de probabilidades.

4.2. Incremento medio anual (IMA) de las variables dasométricas de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

4.2.1. Prueba de normalidad

La prueba de normalidad por *Shapiro-Wilks* indicó que todas las variables dasométricas cumplieron con el supuesto de normalidad, excepto las variables: AB y AB/ha (tabla 12).

Tabla 12. Prueba de *Shapiro-Wilks* (modificado) de los IMA de las variables de *T. grandis* a los 6 años.

Variables	n	Media	DE	W	p (Unilateral D) p (una cola)	
DAP	39	2,89	0,12	0,97	0,7178	*
HT	39	2,63	0,15	0,97	0,7461	*
HC	39	1,20	0,09	0,97	0,6667	*
AB	39	4,00E-03	3,60E-04	0,53	<0.0001	
VT	39	0,04	0,01	0,97	0,7951	*
VC	39	0,02	2,70E-03	0,94	0,1543	*
AB/ha	39	13,95	3,18	0,90	0,005	
VT/ha	39	155,48	40,17	0,94	0,2116	*
VC/ha	39	71,28	18,42	0,94	0,1658	*

*cumplen con el supuesto de normalidad

4.2.2. IMA Diámetro altura del pecho (DAP, cm)

El análisis de varianza para el DAP indica que no hubo significación estadística para los tratamientos en estudios (*P* 0.668). Los mayores promedios del DAP estuvieron asociado

a la procedencia S&BM 084 con 3,03 cm. La procedencia S&BM 082 presentó la media más baja con 2,78 cm. Cinco tratamientos superaron la media general de 2,89 cm de DAP (tabla 13).

4.2.3. IMA Altura total (HT, m)

El análisis de varianza para la HT indica que no hubo significación estadística para los tratamientos en estudios (*P* 0.947). Los mayores promedios de HT lo presento la procedencia S&BM 083 con 2,74 m; mientras que la procedencia S&BM 082 presentó los promedios de HT más bajos con 2,46 m. Seis tratamientos superaron a la media general de 2,63 m de HT (tabla 13).

4.2.4. IMA Altura comercial (HC, m)

El análisis de varianza para la HC no presentó significación estadística para los tratamientos en estudios (*P* 0,2833). Los mayores promedios de HC se presentaron con la procedencia S&BM 083 con 1,27 m; y la procedencia S&BM 005 presentó la media más baja con 1,14 m. Seis tratamientos superaron al promedio general de 1,20 m de HC (tabla 13).

4.2.5. IMA Volumen total (VT, m^3) por parcela y ha

El análisis de varianza para el VT indicó que no hubo significación estadística para los tratamientos en estudios por parcela y en ha. (*P* 0,8607, *P* 0,8102). Los mayores promedios del VT/ha estuvieron asociados a la procedencia S&BM 084 con 192,29 m^3/ha, seguida de la procedencia CATIE 059 con 173,53 m^3/ha; tres procedencias de S&BM presentaron los menores volúmenes totales entre 132 a 134 m^3/ha. Fueron ocho tratamientos los que superaron a la media general de 155,48 VT/ha (tabla 13).

4.2.6. IMA Volumen comercial (VC, m^3) por parcela y ha

El análisis de varianza por parcela y ha del VC indicó que no hubo significación estadística para los tratamientos en estudios (*P* 0,6284, *P* 0,7331). Los mayores promedios del VC/ha estuvieron asociados a la procedencia S&BM 084 con 87,31 m^3/ha

seguida de la procedencia CATIE 059 con 81,46 m^3/ha; La procedencia S&BM presentó la media más baja con 59,67 m^3/ha. Fueron cinco tratamientos los que superaron a la media general de 71,28 VC/ha (tabla 13).

Tabla 13. Incrementos medios anuales de las variables DAP, HT, HC, VT/ha y VC/ha de 13 procedencias de *T. grandis* a los 6 años. INIAP. EEP.

Tratamientos	DAP	HT	HC	VT/ha	VC/ha
S&BM 082	2,78	2,46	1,18	133,83	63,98
CATIE 195	2,86	2,63	1,20	157,74	72,32
CATIE 194	2,85	2,64	1,23	168,15	78,96
S&BM 005	2,90	2,63	1,14	161,47	68,67
CATIE 211	2,95	2,64	1,26	141,69	67,90
S&BM 084	3,03	2,66	1,22	192,20	87,31
S&BM 007	2,84	2,62	1,22	146,61	69,15
CATIE 186	2,85	2,62	1,15	160,99	71,07
CATIE 059	2,89	2,66	1,23	173,53	81,46
S&BM 083	2,89	2,74	1,27	158,58	74,12
S&BM	2,96	2,66	1,20	132,42	59,67
S&BM 001	2,84	2,56	1,17	133,29	61,32
S&BM TEC 039	2,90	2,62	1,16	160,69	70,69
Media	**2,89**	**2,63**	**1,20**	**155,48**	**71,28**
P	**0.6687**	**0,947**	**0,2833**	**0,8102**	**0,7331**
CV (%)	**4,46**	**6,50**	**5,32**	**25**	**22,74**

4.2.7. IMA por hectárea del Área basal (AB m^2/ha)

La tabla 14 muestra el incremento medio anual por hectárea para el área basal mediante la prueba de *Kruskal Wallis* donde presentó sus mayores valores de rangos en la procedencia: S&BM 084, (rango = 35,00 m^2/ha, media = 17,09 m^2/ha) e iguales estadísticamente a CATIE 059 (rango = 27,33 m^2/ha, media = 15,49 m^2/ha); CATIE 194 (rango = 24,00 m^2/ha, media = 15,08 m^2/ha); CATIE 186 (rango = 23,00 m^2/ha), media = 14,44 m^2/ha); S&BM 005 (rango = 22,33 m^2/ha, media = 14,39 m^2/ha); S&BM TEC 039 (rango = 20,33 m^2/ha, media = 14,55 m^2/ha); S&BM (rango = 20,33 m^2/ha, media = 11,59 m^2/ha); CATIE 195 (rango = 19,67 m^2/ha, media = 14,17 m^2/ha); S&BM 083 (rango = 17,33 m^2/ha, media = 13,48 m^2/ha**).** La procedencia S&BM 001 **(**rango = 9,67 m^2/ha, media = 12,25 m^2/ha) presentó los menores valores. Siete tratamientos superaron a la media general de 13,94 m^2/ha AB.

Tabla 14. Análisis estadístico mediante la prueba de *Kruskal Wallis* para el IMAB m^2/ha de *T. grandis* a los 6 años. H = 13,05 P = < 0,3657.

Tratamientos	Medias	Rangos					
S&BM 082	12,78	14,67	a	b	c		
CATIE 195	14,17	19,67	a	b	c	d	e
CATIE 194	15,08	24,00	a	b	c	d	e
S&BM 005	14,39	22,33	a	b	c	d	e
CATIE 211	12,75	10,00	a	b			
S&BM 084	17,09	35,00					e
S&BM 007	13,24	16,33	a	b	c	d	
CATIE 186	14,44	23,00	a	b	c	d	e
CATIE 059	15,49	27,33	a	b	c	d	e
S&BM 083	13,48	17,33	a	b	c	d	e
S&BM	11,59	20,33	a	b	c	d	e
S&BM 001	12,25	9,67	a				
S&BM TEC 039	14,55	20,33	a	b	c	d	e
Media general	**13,94**	**25,33**					

H y P= Estadísticos de probabilidades.

4.3. Intensidad de raleo en el ensayo genético de *T. grandis* proveniente de trece fuentes semilleras en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

En el ensayo genético de *T. grandis* establecido en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, provincia de Manabí, donde se inventariaron 528 individuos utilizando un diseño de bloques completamente al azar, en una superficie de 225 m^2, a un distanciamiento inicial de 3 x 3 m, con tres repeticiones y trece tratamientos (S&BM 082, CATIE 195, CATIE 194, S&BM 005, CATIE 211, S&BM 084, S&BM 007, CATIE 186, CATIE 059, S&BM 083, S&BM, S&BM 001, S&BM TEC 039), se estimó que utilizando para el próximo raleo del ensayo de una manera selectiva y a una intensidad del 20%, el numeró total de los individuos a eliminar en la repetición número 1 fue de 29, en la repetición número 2 fue de 41, y en la repetición número 3 de 38; resultando de esta manera un total de 108 árboles a ralear. Así mismo, se presentan las particularidades que tendrían cada uno de los tratamientos en estudio en función a su dinámica de crecimiento y desarrollo, (tabla 15).

Tabla 15. Número de árboles a ralear por tratamientos y repetición en el ensayo de *T. grandis.*

N°	Tratamientos	Repetición I	Repetición II	Repetición III	Total
1	S&BM 082	1	7	4	12
2	CATIE 195	3	2	7	12
3	CATIE 194	4	4	5	13
4	S&BM 005	0	2	4	6
5	CATIE 211	2	3	0	5
6	S&BM 084	2	1	0	3
7	S&BM 007	3	4	2	9
8	CATIE 186	4	1	4	9
9	CATIE 059	0	0	6	6
10	S&BM 083	2	5	2	9
11	S&BM	2	5	1	8
12	S&BM 001	1	5	3	9
13	S&BM TEC 039	5	2	0	7
	Total	**29**	**41**	**38**	**108**

La tabla 16, muestra el volumen total de los árboles presentes en la EEP del INIAP, para las variables área basal (AB), volumen total (VT) y volumen comercial (VC), de los árboles a ralear siendo (108) y árboles remanentes (240), dando el total de 528 individuos; con un volumen total AB de 12,582, VT de 140,239 y volumen comercial de 64,323, resultado de los datos obtenidos en el trabajo investigativo.

Tabla 16. Promedio total del volumen área basal, volumen total y volumen comercial del ensayo de *T. grandis.*

	N° Árboles	AB m^2	VT m^3	VC m^3
Árboles a ralear	**108**	1,954	20,422	9,089
Árboles remanentes	**420**	10,627	119,816	55,234
Total	**528**	12,582	140,239	64,323

4.4. Discusión

La evaluación de las características dasométricas de las 13 procedencias de teca bajo las condiciones del bosque seco Tropical de Manabí cobra importancia social y económica, debido a los continuos incrementos de la actividad forestal en la zona y el desarrollo de plantaciones comerciales de teca, por lo que proveer información permitirá a futuro mejorar los ítems de manejo silvicultural de la especie, para ello, el Programa de Forestería de la Estación Experimental Portoviejo realiza la presente investigación para fines de su desarrollo se presentan sus resultados en el sexto año de evaluación.

El DAP de *T. grandis* bajo condiciones de la provincia de Manabí, presentó el mayor crecimiento en las procedencias S&BM-007 (18,46 cm) y S&BM-082 (18,29 cm), valores más o menos comparativos son reportados por Balarezo (2005) considerando que son obtenidos a los 4 años de edad y bajo condiciones del cantón Quevedo, Ecuador, donde se evaluaron cinco procedencias de teca, cuyos promedios del DAP fluctúan ente 13,7 cm a 14,3 cm en las procedencias de Guanascate en Santa Cruz y Pilangosta Hoja Ancha.

La altura total presentó los mayores crecimientos promedios en las procedencias CATIE-195 (17,59 m) y S&BM (17,32 m); a los 6 años de edad superior a las determinadas por Intriago (2019) donde evaluó cinco procedencias de teca y reportó el mayor promedio HT en la procedencia 2-21130 con 9,24 m, a los 4 años, establecida bajo condiciones de boque húmedo Tropical en la Hacienda la Palma, en Santo Domingo, Ecuador. En tanto que la altura comercial en este estudio, presentó el mayor crecimiento en las procedencias S&BM-007 (7,74 m^3) y CATIE-195 (7,46 m^3).

El área basal de *T. grandis* a los 6 años mostró los mayores crecimientos promedios en las procedencias: S&BM-007 (0,03 m^2) y S&BM-082 (0,03 m^2); al igual que la mayor producción de madera, expresada en volumen total en las procedencias: S&BM-007 con (0,33 m^3) y S&BM-082 con (0,31 m^3); superior a las determinadas por Balarezo (2005) donde reportó un promedio AB de 0,015 m^2 en procedencias Santa Cruz Guanascate y 0,016 m^2 en las procedencias Pilangosta Hoja Ancha Guanascate, y un VT de 0,204 m^3 en las procedencias Santa Cruz, Guanascate y 0,235 m^3 en las procedencias Pilangosta, a los 4 años, ubicadas bajo condiciones de bosque húmedo tropical en el cantón Quevedo.

En Guatemala Vaides *et al.* (2005) establecieron plantaciones en sitios de excelente crecimiento, donde se reportó un valor 3,27 cm/año IMA promedio del DAP y 3,08 m/año

IMA promedio de la altura total, a los 7 años. Siendo estos resultados similares a los obtenidos en la presente investigación, donde la procedencia S&BM 084 obtuvo el mayor IMA promedio DAP con 3,03cm/año y el IMA promedio HT con 3,03 m/año, a los 6 años, bajo condiciones de Bosque seco Tropical, en la provincia de Manabí.

El IMA altura comercial de *T. grandis,* a los 6 años obtuvo el mayor crecimiento en la procedencia S&BM 083 con un valor 1,27 m; bajo condiciones de bosque seco tropical en la provincia de Manabí, resultados que difieren con los reportados por Aguayo (2016) donde la teca a los 18 años alcanzó un IMAHC de 0,9 m, en la zona de valencia y 0,7 m bajo condiciones del cantón Quevedo, Buena Fe y Vinces. El IMA volumen total en este estudio fue mayor en las procedencias CATIE 211, S&BM 084, S&BM 083, S&BM con un valor de 0,05 m^3/año; estos volúmenes registrados de teca son inferior a los obtenido por Mollinedo *et al.* (2016) quienes reportaron un IMAVT de entre 1,67 m^3/año, y 9,44 m^3/año a la misma edad establecidas en sitios de crecimientos bajos en Guatemala.

El IMA del Área basal/ha mediante la prueba de *Kruskal Wallis* obtuvo su mayor crecimiento en la procedencia S&BM 084 con un valor de 17,09 m^3/ha/año, mientras que el IMA volumen total/ha en la misma procedencia mediante el análisis de varianza obtuvo un promedio de 192,29 m^3/ha/año superior a las demás a los 6 años. Estos resultados difieren con los determinados por Vaides *et al.* (2005) quienes reportaron un valor de 3,44 m^2/ha/año de IMA promedio del área basal y 25,38 m^3/ha/año de IMA promedio del volumen total, en sitios de crecimientos excelentes en Guatemala a los 7 años.

La intensidad del raleo aplicada al 20% en el ensayo de teca a los 6 años, dejando como resultado un escenario de 420 árboles en pie, originó valores de incrementos en el área basal con valores de 12,582 m, volumen total 140,239 m^3 y en el volumen comercial con un valor de 64,323 m^3. Estos valores son superiores a los reportado por la Cámara Costarricense Forestal (1996) donde se aplicó un raleo al 37% en una plantación de teca a los 8 años, dejando un total de 426 árboles en pie, de los cuales obtuvo un valor total de 47,83% de volumen comercial.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Un buen desempeño de tres de las 13 procedencias evaluadas genera muy buenas expectativas en el sostenimiento de la variabilidad genética de la especie y de la actividad forestal bajo condiciones de Manabí, al sostenerse una buena base genética, donde la procedencia S&BM-007 es la de mejor desempeño en todas las variables dasométricas con un valor promedio en el DAP de (18,46 cm) HT de (17,32 m), HC de (7,74 m), AB (0,03 m^2), VT de (0,33 m^3) y VC de (0,15 m^3) productivas generada a los seis años desde su establecimiento.

- De acuerdo con los resultados obtenidos para el incremento medio anual de las variables dasométricas en el ensayo de *T. grandis* a los seis años, los mayores promedios del IMA se presentan en la procedencia S&BM 084 con un valor promedio en el DAP de (0,03 cm), VT m^3/ha de (192,29 m^3/ha), VC m^3/ha de (87,31 m^3/ha), AB m^2/ha (17,09 m^2/ha) y en la procedencia S&BM 083 un valor HT de (2,74 m) y HC de (1,27 m).

- El próximo raleo en el ensayo proyectado a una intensidad del 20% originará grandes posibilidades para que los mejores individuos por procedencia permanezcan en el ensayo experimental y puedan a futuro estabilizar los indicadores productivos.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda continuar con las evaluaciones de estas variables cuantitativas asociadas a variables cualitativas y de defectos que permitan determinar si las procedencias hasta ahora con mayor desempeño mantienen esa misma tendencia en función de cumplir con los objetivos generales del programa de investigación.

- La aplicación del próximo raleo en el ensayo de teca en la intensidad sugerida estará condicionada a las condiciones de sitio que permitan mantener su manejo silvicultural de manera normal.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

Aguayo, R. (2016). Indicadores de productividad de *Tectona grandis* en cuatro cantones de la provincia de los Ríos año 2015. Proyecto de Grado en Magister en Manejo y Aprovechamiento Forestal. Aprovechameinto Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Alvarado, A. (2006). Nutrición y Fertilización de la teca. Informaciones Agronómicas, 61, 1–8.

Armijos, D. (2013). Construcción de tablas volumétricas y cálculo de factor de forma (ff.) para dos especies, teca (*Tectona grandis)* y melina (*Gmelina arborea*) en tres plantaciones de la empresa REYBANPAC CA. En la provincia de Los Ríos. Tesis de Ingeniería Forestal. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.

Balarezo, W. (2005). Evaluación del crecimiento dasométrico y características cualitativas de cinco procedencias de *Tectona grandis* L.f. (teca) en el Cantón Quevedo. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Briscoe, C. (1995). Silvicultura y manejo de teca (*Tectona grandis*) melina (*Gmelia arborea*) y pochote (*Bombacopsis quinata*). Turrialba CR. Diseminacion del cultivo de árboles de uso múltiple. MADELEÑA/USAID/G-CAP/RENARM y INNIDA/PROCAFOR. Proyecto 1. CATIE Série Técnica, Informe Técnico N° 270, 44.

Caál, H. (2014). Evaluación del primer raleo comercial en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.) en Petén. Trabajo previo a conferírsele el título de Ingeniero Forestal con énfasis en silvcultura y manejo de bosques en el grado académico de Licenciado. Universidad Rafael Landívar. San Juan Chamelco.

Caballero, P. (2017). Evaluación Agronómica de plantas de teca (*Tectona grandis* L.f.) a la aplicación de N-K-P, en el sector Gramalote, cantón Ventanas, provincia Los Ríos. Proyecto de Investigación Ingeniería Forestal. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda-Ecuador.

Cámara Costarricense Forestal. (1996). Desde el Bosque. Boletín Informativo Mensual, 4(20), 6.

Cerron, J., Atkinson, R., Thomas, E., y Cornelius, J. (2019). Fuentes semilleras y especies forestales de los bosques secos tropicales del norte del Perú: estado actual y prioridades futuras. Centro Internacional de Investigación Agroforestal, Lima, Perú., Documento de trabajo N° 301. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5716/WP19057.PDF

Chaves, E., y Fonseca, W. (1991). Teca: *Tectona grandis:* L.f. especie de árbol de uso múltiple en Ámérica Central (Vol 19). (Bib. Orton IICA/CATIE 1991 (ed.)).

Crespo, R., Jiménez, E., Suatunce, P., Law, G., y Sánchez, C. (2008). Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera de Teca (*Tectona grandis* L.f.) de Quevedo y Balzar. Ciencia y Tecnología, 1(2), 55.63.

Cuellar, J., y Ugarte, L. (2017). Las semillas forestales en el Perú: Desafios y oportunidades. Instituto Nacional de Innovación Agraría INIA. Lima Perú., 76.

De Camino, R., y Morales, J. P. (Eds). (2013). Las Plantaciones de teca en América Latina: Mitos y Realidades. In CATIE.

De Santa Ana, G. A. D. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santa Ana 2015-2019. Santa Ana, 238.

Del Valle, A. (2021). Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. f (teca). Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Domínguez, P., Rodríguez, F., Lizárraga, L., Jim+enez, M., y Navar, J. (2016). Aplicaciones y ejemplos de modelos de crecimiento diamétrico para árboles tropicales. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 4(11), 365–274.

Fonseca, W. (2004). Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.f.) en Costa Rica. 1–121.

Fuentes, L. (2014). Productividad de las planaciones forestales en los diferentes tipos de raleos en la región ll Las Verapaces. Trabajo de Investigación carrera Ingeniería forestal con énfasis en silvicultura y manejo de bosques. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.

González, E. (2017). Evaluación del crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis*

L.f. Unidad Silvícola Mayarí. CFORES-Revista Cubana de Ciencias Forestales, 5(3), 330–339.

Guarnizo, J., y Palacios, B. (2007). Respuesta inicial de una plantación de *Tectona grandis* L.f a la fertilización con N-P-K; N-P y Muriato de Potasio en los predios de la Empresa Fideicomiso Palmar del Río cantón Coca Provincia de Orellana. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja.

Guerrero, J. (2020). Incremento medio anual en tres tratamientos con control de arvenses en plantaciones de *Gmelina arborea* Robx. y *Tectona grandis* L.f. en la provincia de Los Ríos. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Intriago, R. (2019). Evaluación de cinco procedencias de Teca (*Tectona grandis* Linn F.) en la Empresa Seragroforest. Cantón Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de Los Tsáchilas. Tesis de grado Ingeniero Forestal. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Isaula, M. (2011). Análisis financiero de la producción de 10 héctareas de Teca *(Tectona grandis* L.) en Santa Rosa, Guatemala. Proyecto de grado para obtar el título de Ingeniera en Administración de Agronegocios en el Grado Académico de Licenciatura. Zamorano.

Jara, L. (1998). Selección y manejo de fuentes semilleras en América Central y República Dominicana. Turrialba, C.R. Proyecto de Semillas Forestales. Serie Técnica. Reuniones Técnicas/CATIE; N°3, 85.

Klepac, D. (1983). Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo, 43-279 p.

Kollert, W., y Cherubini, L. (2012). Planted Forests and trees Working paper series. Teak resources and market assessment 2010 (*Tectona grandis* Linn. F.). Forestry Department FAO, 1–52.

Kollert, W., y Kleine, M. (2017). The Global Teak Study-Analysis, Evaluation and Future Potential of Teak Resources. International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) Word Series Volume 36, 108.

Limongi, R. (2015). Comportamiento de procedencias de teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea)*, especies forestales con potencial para producción de madera en

Ecuador. Fase l.. Proyecto de mejoramiento genético Forestal. Estación Experimental Portoviejo, Programa Nacional de Forestería - INIAP, 1–15.

Llanos, L., Barrios, A., y López, A. (2019). Variación genética en familias de polinización abierta de *Tectona grandis* L.f. en Colombia. Colombia Forestal, 22(2), 30–43.

López, R., Montilla, Y., Solano, E., Belezaca, C., y Nuñez, M. (2019). Incrementos dasométricos en plantaciones de *Tectona grandis* L. f. (Teca) en la provincia del Guayas: influencia en el entorno paisajístico de la zona. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 8(2), 107–113.

Mesén, F., y Jiménez, M. (1995). Avances en el programa nacional de semillas forestales. Memorias del Simposio. Managua, Nicaragua (1989 Bib. Orton IICA/CATIE (ed.)).

Mollinedo, M., Herrera, M., y Muñoz, F. (2016). Caracterización del crecimiento de plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* Linn f.) y estimación de curvas de índice de sitio en el área septentrional de la República de Guatemala. Madera y Bosques, 22(2), 89–103.

Mollinedo, M., Ugalde, L., Alvarado, A., Verjans, J., y Rudy, L. (2005). Relación suelo-árbol y fatores de sitio, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis*), en la zona Oeste de la Cuenca del Canal de Panamá. Agronomía Costarricense, 29(1), 67–75.

Murrillo, O., Bdilla, Y., Villalobos, M., y Rojas, F. (2013). Optimización de la tecnología de propagación vegetativa in vivo y plantación de teca (*Tectona grandis*) y pilón (*Hieronyma alchorneoides*). Proyecto de Investigafión Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

Orozco, L., y Brumér, C. (2002). Inventarios Forestales para bosques Latifoliados en América Central. Serie técnica N° 50 Manual técnico (CATIE (ed.)).

Palanisamy, K., Hegde, M., y Seon Yi, J. (2009). Teak (*Tectona grandis* Linn. f.): A Renowned Commercial Timber Species. Journal of Forest Science, 25(1), 1–24.

Pandey, D., y Brown, C. (2000). La teca una visión global. Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales, 51(2), 3–13.

Ponce, A. (2020). Evaluación dasométrica de *Gmelina arborea* de cinco años de edad en nueve procedencias en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. Proyecto de investigación de Ingeniería Forestal. Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Proaño, M. (2011). Compración dasométrica y económica de dos intensidades de raleo en un cultivo de teca (*Tectona grandis*) en la zona Pedro Carbo provincia del Guayas. Tesis de grado Ingeniero Agrícola y Biológico. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil- Ecuador.

Prodan, M., Peters, R., Cox, F., y Real, P. (1997). Mensura Forestal. Serie de Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible/IICA. San José, Costa Rica., 586.

Ramírez, L. (2017). Incremento medio anual de teca (*Tectona grandis* L.f.) en plantaciones comerciales, distrito Puerto Inca, Huánuco - Perú. Tesis para obtar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Cajamarca.

Roncacio, D. (2001). Guías Técnicas para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales productivas en el Litoral Ecuatoriano (N° 634.9709866R69). OIMT, Quito (Ecuador) Coorporacion de desarrollo Forestal y Maderero, Quito (Ecuador) Ministerio del Ambiente, Quito (Ecuador) Proyecto Piloto para la reforestación y rehabilitación de tierras degradadas en el Ecuador ., 1–213.

Rosado, O. (2017). Crecimiento de plantaciones forestales de *Tectona grandis* L. f. (teca) en las plantaciones Colina Forestal, la Vanguardia y Sabana uno; de propiedad del grupo siembra en el cantón Balzar, provincia del Guayas. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Salazar, R., y Boshier, D. (1989). Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central. Proyecto Cultivo de Árboles de uso Múltiple (MADELEÑA)CATIE-ROCAP 596-0117. Serie Técnica. Informe Técnico N° 148, 1–79.

Sarmiento, V. (2013). Evaluación del crecimiento de plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (teca) en los Cantones Quevedo, Mocache y Valencia, Provincia de Los Ríos. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Ugalde, A., y Gómez, M. (2006). Perspectivas Económicas y Ambientales de las Plantaciones de teca bajo manejo sostenible, en Panamá. Published Report Prepared for United States Agency for International Development and the National Environmental Authority of Panamá., 1–79.

Vaides, E. (2004). Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad

de teca (*Tectona grandis* L. f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Vaides, E., Ugalde, L., y Galloway, G. (2005). Crecimiento y productividad de teca en plantaciones forestales jóvenes en Guatemala. Recursos Naturales y Ambiente, 46(47), 137–145.

Vásquez, W., y Ugalde, L. (1995). Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, Bombacopsis quinatun y Pinus caribaea en Guanacaste, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico/CATIE; N°. 256. Convenio de Cooperación entre el Proyecto MADELEÑA 3/Proyecto Forestal Chorotega (IDA/ FAO/HOLANDA), 1–38.

Véliz, F. (2010). Determinación del incremento medio anual (IMA) e Índice de Sitio de diferentes Especies Forestales en el Bosque Protector Prosperina-ESPOL. Tesis de grado Ingeniero Agrícola y Biológica. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador.

Vidal, M. (2017). Determinación del tamaño y forma de parcelas de muestreo para inventario forestal en plantaciones de *Tectona Grandis* L.f. (Teca) en el Recinto Pavón, Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos. Tesis de Igeniería Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Vinueza, M. (2012). Ficha Técnica N°1: Teca. Ecuador Forestal. https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-1-teca/

Zahabu, E., Raphael, T., Chamshama, S., Iddi, S., y Malimbwi, R. (2015). Effect of Spacing Regimes on Growth, Yield, and Wood Properties of Tectona grandis at Longuza Forest Plantation, Tanzania. International Journal of Forestry Research, 2015, 6.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. ANEXOS

7.1.1. Trabajo de campo

Anexo 1. Reconocimiento del ensayo de *T. grandis* e indicaciones por parte del Ing. Ricardo Limongi Andrade coautor del presente proyecto.

Anexo 2: Enumeración de los árboles

Anexo 3: Medición del diámetro

Anexo 4: Medición de la altura total y comercial

Anexo 5: Registro de datos

Anexo 6. Materiales de campo

Anexo 7. Resumen de los promedios del incremento medio anual y volumen por hectárea de las variables dasométricas de *T. grandis.*

Tratamientos	R	IMA DAP	IMA HT	IMA HC	IMAB	IMA VT	IMA VC	IMAAB /ha	IMAVT /ha	IMAVC /ha
S&BM 082	1	2,93	2,65	1,26	0,004	0,045	0,022	15,182	169,571	80,768
CATIE 195	1	2,86	2,55	1,26	0,004	0,042	0,021	15,582	168,478	82,871
CATIE 194	1	2,79	2,61	1,30	0,004	0,041	0,021	14,804	163,178	82,250
S&BM 005	1	2,93	2,57	1,20	0,004	0,044	0,020	15,213	164,705	76,520
CATIE 211	1	2,88	2,54	1,38	0,004	0,042	0,023	12,526	134,246	72,563
S&BM 084	1	2,91	2,60	1,26	0,004	0,045	0,022	16,203	178,067	86,654
S&BM 007	1	2,81	2,59	1,23	0,004	0,041	0,020	14,925	162,933	78,445
CATIE 186	1	2,88	2,81	1,29	0,004	0,047	0,022	15,770	187,308	86,066
CATIE 059	1	2,97	2,78	1,46	0,004	0,049	0,026	16,670	194,857	102,757
S&BM 083	1	2,93	2,79	1,34	0,004	0,048	0,023	17,334	203,550	97,964
S&BM	1	3,00	2,88	1,32	0,004	0,052	0,024	19,335	235,246	109,147
S&BM 001	1	2,91	2,71	1,30	0,004	0,046	0,022	13,900	158,879	76,366
S&BM TEC 039	1	2,81	2,51	1,18	0,004	0,040	0,019	14,004	148,056	69,907
S&BM 082	2	2,72	2,42	1,16	0,004	0,036	0,017	14,041	142,962	68,447
CATIE 195	2	2,94	2,77	1,13	0,004	0,048	0,020	14,319	167,375	68,843
CATIE 194	2	2,86	2,62	1,18	0,004	0,043	0,019	15,558	171,190	77,300
S&BM 005	2	3,04	2,88	1,08	0,004	0,054	0,020	17,655	214,644	80,594
CATIE 211	2	2,87	2,60	1,18	0,004	0,043	0,019	13,500	147,801	67,579
S&BM 084	2	3,05	2,78	1,16	0,004	0,052	0,021	18,838	220,304	90,978
S&BM 007	2	2,83	2,60	1,24	0,004	0,042	0,020	14,172	156,246	73,970
CATIE 186	2	2,92	2,66	1,13	0,004	0,045	0,019	16,177	181,103	77,069
CATIE 059	2	2,97	2,62	1,11	0,004	0,046	0,020	15,631	171,861	73,495
S&BM 083	2	2,63	2,39	1,14	0,003	0,033	0,016	9,596	96,851	45,940
S&BM	2	2,85	2,48	1,07	0,004	0,040	0,017	14,415	151,200	65,201
S&BM 001	2	2,75	2,40	1,04	0,004	0,037	0,016	10,550	107,077	46,559
S&BM TEC 039	2	3,01	2,66	1,13	0,004	0,048	0,020	16,062	179,917	75,631
S&BM 082	3	2,69	2,32	1,11	0,003	0,033	0,016	9,116	88,947	42,726
CATIE 195	3	2,77	2,58	1,22	0,004	0,040	0,019	12,618	137,357	65,231
CATIE 194	3	2,89	2,70	1,21	0,004	0,046	0,021	14,888	170,082	77,318
S&BM 005	3	2,72	2,43	1,13	0,004	0,036	0,017	10,290	105,073	48,888
CATIE 211	3	3,11	2,77	1,23	0,005	0,054	0,024	12,213	143,019	63,567
S&BM 084	3	3,14	2,60	1,23	0,005	0,051	0,024	16,241	178,237	84,310
S&BM 007	3	2,89	2,67	1,20	0,004	0,045	0,021	10,634	120,659	55,043
CATIE 186	3	2,74	2,40	1,04	0,004	0,036	0,016	11,362	114,559	50,075
CATIE 059	3	2,72	2,58	1,13	0,004	0,038	0,017	14,163	153,863	68,130
S&BM 083	3	3,10	3,04	1,33	0,005	0,060	0,027	13,523	175,351	78,461
S&BM	3	3,03	2,62	1,21	0,004	0,048	0,022	1,030	10,800	4,657
S&BM 001	3	2,85	2,58	1,17	0,004	0,042	0,019	12,309	133,907	61,032
S&BM TEC 039	3	2,88	2,69	1,16	0,004	0,044	0,019	13,576	154,103	66,536

Anexo 8. Cuadro de los árboles a ralear en el ensayo de *T. grandis* a una intensidad del 20%

N°	Repetición	Tratamiento	AB m^2	VT m^3	VC m^3
1	1	8	0,018	0,208	0,089
2	1	8	0,018	0,204	0,093
3	1	8	0,019	0,227	0,100
4	1	8	0,019	0,218	0,099
5	1	2	0,018	0,178	0,089
6	1	2	0,019	0,190	0,102
7	1	2	0,018	0,179	0,093
8	1	3	0,019	0,215	0,085
9	1	3	0,017	0,173	0,075
10	1	3	0,018	0,187	0,090
11	1	3	0,019	0,196	0,102
12	1	5	0,019	0,192	0,112
13	1	5	0,019	0,192	0,099
14	1	11	0,018	0,201	0,088
15	1	11	0,019	0,210	0,075
16	1	12	0,018	0,174	0,088
17	1	7	0,019	0,196	0,085
18	1	7	0,018	0,188	0,081
19	1	7	0,017	0,166	0,071
20	1	13	0,019	0,207	0,094
21	1	13	0,019	0,185	0,079
22	1	13	0,020	0,215	0,090
23	1	13	0,020	0,213	0,082
24	1	13	0,019	0,185	0,092
25	1	1	0,019	0,224	0,095
26	1	1	0,018	0,194	0,088
27	1	10	0,019	0,211	0,099
28	1	10	0,019	0,224	0,108
29	1	6	0,015	0,150	0,077
30	1	6	0,018	0,204	0,080
31	2	2	0,018	0,191	0,070
32	2	2	0,016	0,174	0,067
33	2	4	0,017	0,168	0,064
34	2	4	0,018	0,210	0,083
35	2	8	0,019	0,207	0,074
36	2	11	0,020	0,206	0,089
37	2	11	0,019	0,196	0,088
38	2	11	0,020	0,181	0,083
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Suma			**1,954**	**20,422**	**9,089**

Anexo 9. Cuadro de los árboles remanentes en el ensayo de *T. grandis*

N°	Repetición	Tratamiento	AB m^2	VT m^3	VC m^3
1	1	8	0,028	0,359	0,155
2	1	8	0,026	0,315	0,135
3	1	8	0,030	0,376	0,178
4	1	8	0,021	0,245	0,108
5	1	8	0,025	0,319	0,143
6	1	8	0,020	0,239	0,106
7	1	8	0,033	0,416	0,208
8	1	8	0,023	0,235	0,114
9	1	8	0,025	0,279	0,131
10	1	8	0,025	0,285	0,116
11	1	8	0,026	0,288	0,162
12	1	2	0,025	0,299	0,132
13	1	2	0,025	0,276	0,138
14	1	2	0,029	0,311	0,160
15	1	2	0,021	0,225	0,117
16	1	2	0,022	0,233	0,109
17	1	2	0,027	0,312	0,124
18	1	2	0,025	0,258	0,143
19	1	2	0,034	0,412	0,188
20	1	2	0,024	0,244	0,109
21	1	2	0,020	0,218	0,113
22	1	2	0,021	0,225	0,097
23	1	2	0,023	0,230	0,151
24	1	3	0,022	0,238	0,115
25	1	3	0,023	0,262	0,127
26	1	3	0,025	0,284	0,164
27	1	3	0,020	0,221	0,107
28	1	3	0,021	0,213	0,104
29	1	3	0,023	0,238	0,127
30	1	3	0,020	0,197	0,099
31	1	3	0,026	0,319	0,173
32	1	3	0,028	0,321	0,175
33	1	3	0,027	0,314	0,162
34	1	3	0,026	0,293	0,148
35	1	5	0,024	0,264	0,162
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Suma			**10,627**	**119,816**	**55,234**