



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

Proyecto de Investigación previo a
la obtención del título de Ingeniera
Forestal.

Título del Proyecto de Investigación:

“Proyecciones alométricas en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (Teca) en la zona
de Balzar, provincia del Guayas”

AUTORA:

Indio Nivelá Yanine Lisbeth

Tutor del proyecto de investigación:

Ing. For. Rolando López Tobar M.Sc.

Quevedo-Los Ríos-Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Indio Nivelá Yanine Lisbeth**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; el cual no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación 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.

Indio Nivelá Yanine Lisbeth

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, **Ing. For. Rolando López Tobar M.Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Indio Nivelá Yanine Lisbeth** realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**PROYECCIONES ALOMETRICAS EN PLANTACIONES DE *Tectona grandis* L.f. (TECA) EN LA ZONA DEL BALZAR, PROVINCIA DEL GUAYAS**” previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. For. Rolando López Tobar M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“PROYECCIONES ALOMETRICAS EN PLANTACIONES DE *Tectona grandis* L.f.
(TECA) EN LA ZONA DE BALZAR, PROVINCIA DEL GUAYAS”

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

APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Pedro Suatunce Cunuhay

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Edison Solano Apuntes

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Renato Baque Mite

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO

Manifiesto mediante estas líneas, mi agradecimiento al todopoderoso, nuestro padre celestial Jehová DIOS. Por guiar mi existencia por la sabiduría y el conocimiento que me ha dado.

Además quedo infinitamente agradecida a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la Facultad de Ciencias Ambientales y a la Carrera de Ingeniería Forestal por darme la oportunidad de estudiar.

- A los docentes de la Carrera de Ingeniería Forestal por habernos formado con sus enseñanzas.
- A mi director de tesis al Ing. For. Rolando López Tobar M.Sc. por su guía, paciencia y apoyo incondicional.
- A mi tribunal de proyecto Ing. Pedro Suatunce Cunuhay, Presidente, Ing. Edison Solano Apuntes, Integrante, Ing. Renato Baque Mite, Integrante.
- A mis compañeros que por años compartimos aulas con un mismo propósito especialmente a mi querida amiga Diana Nivelá, por su apoyo y aporte de conocimiento, compañerismo y vivencias compartidas.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro:

En primer lugar a Dios porque me protege me bendice y me respalda en todo momento es aquel ser que está presente siempre y guía mi camino, me da la fuerza en momento de debilidad

Dedico este logro a mi familia, en especial, a mi querida madre que en paz descanse, Sra. Irlanda Nivelá Veliz que me dio la vida y forjo mi educación enseñándome buenos valores e inculcándome la consecución de metas.

A mi querido padre Sr. Demetrio Indio Zambrano por su apoyo y cariño, mis hermanos Alexandra, Byron que me apoyaron en todo momento y a mi apreciada hija Valentina mi amor y mi mayor razón de superación.

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto de investigación se realizó en el cantón Balzar, provincia del Guayas, con el objetivo de evaluar la tasa de crecimiento en plantaciones de *Tectona grandis L. f.* (teca) mediante proyecciones alométricas. Se establecieron parcelas circulares de 500 m² en las haciendas Alianza, Cerro de hojas, Hachas y Las Piedras, ubicadas en el cantón Balzar, provincia del Guayas, Ecuador. Se registró datos de diámetro y altura total de todos los individuos. Para el análisis de proyecciones se utilizó variantes del Modelo de Chapman Richards para proyección de crecimiento de especies forestales. Una vez realizado el registro de los datos existentes y realizar las proyecciones de crecimiento se obtuvo los siguientes resultados: Alianza mostro valores como 45 cm. de diámetro, altura 23, 75 m, Cerro de Hojas 41 cm de diámetro y una altura de 23 m, Las Piedras 42 cm de diámetro, y una altura de 17 m, y Las Hachas con 27 cm de diámetro y una altura de 25 m, a los 15 años. En las tasas de crecimiento, en el sitio “Alianza”, se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de 7,02 cm calculada en 15 años; mientras que en el sitio “Cerro de hojas” obtuvimos una tasa de crecimiento de 6,40 m calculados en 15 años; en el sitio “Las Piedras” se calculó que la tasa de crecimiento es de 6,73 cm en 15 años. Mientras que en el sitio “Hacha” encontramos una tasa de crecimiento de 3,47 cm calculada en 20 años.

ABSTRACT

This research project was carried out in the Balzar canton, province of Guayas, with the objective of evaluating the growth rate in plantations of *Tectona grandis* L. f. (teak) by allometric projections. Circular plots of 500 m² were established in the Alliance, Hill of leaves, Axes and stones, haciendas, located in the Balzar canton, province of Guayas, Ecuador. Data of diameter and total height of all individuals was recorded. For the analysis of projections, variants of the Chapman Richards Model were used to forecast the growth of forest species. Once the existing data were recorded and the growth projections were made, the following results were obtained: Alliance showed values as 45 cm. in diameter, height 23, 75 m, Hill of leaves 41 cm in diameter and a height of 23 m, The stones 42 cm in diameter, and a height of 17 m, and the axes with 27 cm in diameter and a height of 25 m, at 15 years old. In the growth rates, on the site "Alliance", an average growth rate of 7.02 cm calculated in 15 years was obtained; while in the "Hill of leaves" site we obtained a growth rate of 6.40 m calculated in 15 years; in the site "The stones " it was calculated that the growth rate is 6.73 cm in 15 years. While in the "Axes" site we find a growth rate of 3.47 cm calculated in 20 years.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Página
PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
TRIBUNAL DE TESIS.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN EJECUTIVO	vii
ABSTRACT	viii
TABLA DE CONTENIDO	ix
INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE FIGURAS	xii
INDICE DE ANEXO.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problema 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
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos	5
1.3. Hipótesis	5
1.4. Justificación	5
CAPÍTULO II.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1. Marco Conceptual	7
2.1.1. Teca	7
2.1.1.2. Origen de la teca.....	8

2.1.1.3. Descripción botánica	8
2.1.1.4. Requerimientos climáticos.....	9
2.1.1.5. Requerimientos edáficos.....	9
2.1.1.6. Densidad de siembra	9
2.1.1.7. Poda.....	10
2.1.1.8. Raleo.....	10
2.1.1.9. Turno	10
2.1.1.10. Usos	10
2.1.1.11. Plantaciones de teca.....	10
2.1.2. Plantaciones forestales	11
2.1.3. Importancia de las plantaciones forestales	11
2.1.4. Incremento volumétrico	11
2.1.5. Inventario forestal.....	12
2.1.6. Modelos de crecimiento	12
2.1.7. Tipos de modelos de crecimiento	13
2.1.8. Clasificación de Plantaciones coetáneas de una sola especie	13
2.1.8.1. Modelo de crecimiento de rodal.....	13
2.1.8.2. Modelos a nivel de rodal	13
2.2.1. Clasificación de las plantaciones forestales	14
2.2.2. Plantaciones forestales en el Ecuador	15
2.2.3. Principales provincias que siembran teca.....	15
2.2.4. Cantón Balzar.....	15
2.2.4.1. Haciendas que siembran teca en Balzar	16
2.2.5. Parcelas Permanentes de Crecimiento.....	16
2.2.6. Modelos de Chapman Richards, proyecciones de crecimiento	17
CAPÍTULO III	19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
3.1. Materiales y métodos	20
3.1.1. Localización.....	20
3.1.2. Límites del cantón	20
3.1.3. Características Meteorológicas de la zona de estudio	21
3.1.4. Materiales de campo y de oficina.....	21
3.1.4.1. Materiales de campo.....	21

3.1.4.2. Materiales de oficina	22
3.2. Tipo de investigación	22
3.2.1. Analítico	22
3.2.2. Descriptivo.....	22
3.3. Metodología.....	23
3.3.1. Proyecciones alométricas en plantaciones de teca en cinco zonas del cantón Balzar.....	23
3.3.1.1. Reconocimiento y selección del área de estudio.....	23
3.3.1.2. Localización de las haciendas	23
3.3.1.3. Registro de datos de campo	23
3.3.1.4. Registro de datos de las variables cuantitativas	24
CAPÍTULO IV	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Resultados.....	28
4.1.1. Sitio Hacienda Alianza.....	28
4.1.2. Sitio Hacienda Cerro de hojas	28
4.1.3. Sitio Hacienda Hacha.....	29
4.1.4. Sitio Hacienda Las Piedras.....	29
4.2. Discusión	32
CAPÍTULO V.....	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1. Conclusiones.....	34
5.2. Recomendaciones	34
CAPÍTULO VI	35
BIBLIOGRAFÍA	35
6.1. Literatura Citada	36
ANEXOS.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
1. Criterio y clasificación de las plantaciones forestales.....	14
2. Características Edafoclimáticas	21
3. Ubicación de las haciendas donde se encuentran las plantaciones de teca	23
4. Hoja de campo utilizada para registro de inventario forestal	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
1. Mapa de la provincia del Guayas donde se encuentra ubicado el cantón Balzar.	20
2. Proyecciones de Diámetro y Altura realizadas “Alianza”	28
3. Proyecciones de Diámetro y Altura realizadas “Cerro de hojas”	28
4. Proyecciones de Diámetro y Altura realizadas “Hacha”	29
5. Proyecciones de Diámetro y Altura realizadas “Las Piedras”	29
6. Proyecciones de crecimiento realizadas en los cuatro sitios de estudio.....	30
7. Tasas de crecimiento realizadas en los cuatro sitios de estudio.....	31

ÍNDICE DE ANEXO

1. Toma de datos dasometricos en plantaciones de teca	39
2. Parcelas permanente en plantaciones de teca	40
3. Hoja de campo utilizada para registro de inventario forestal	41

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“PROYECCIONES ALOMETRICAS EN PLANTACIONES DE <i>Tectona grandis</i> L.f. (TECA) EN LA ZONA DE BALZAR, PROVINCIA DEL GUAYAS”			
Autora:	Indio Nivelá Yanine Lisbeth			
Palabras clave:	Proyecciones	Alométricas	Plantaciones	Teca
Fecha de publicación:				
Editorial:	CAMB; Carrera de Ingeniería Forestal; Indio Y.			
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>El presente estudio se realizó en el cantón Balzar, provincia del Guayas. Se evaluaron las tasa de crecimiento en plantaciones de <i>Tectona grandis</i> L. f. (teca) mediante proyecciones alométricas. Establecieron parcelas circulares de 500 m² en las haciendas Alianza, Cerro de hojas, Hachas, y Las piedras, registrando datos de diámetro y altura total. Para el análisis de proyecciones se utilizó el Modelos de Chapman Richards, una vez realizado el registro de los individuos analizado, obtuvimos que en el sitio “Alianza”, se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de 7,02 cm, calculada en 15 años; mientras que en el sitio “Cerro de hojas” obtuvimos una tasa de crecimiento de 6,40 cm calculados en 15 años; en el sitio “Las Piedras” se calculó que la tasa de crecimiento es de 6,73 cm en 15 años. Mientras que en el sitio “Hacha” encontramos una tasa de crecimiento de 3,47 cm calculada en 20 años.</p>			
Descripción:	Hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM			
URI:				

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, tiene ventajas competitivas y climáticas, aun de los sectores productivos con mayor potencial de desarrollo y crecimiento (1).

La Teca es un árbol caducifolio de tamaño grande, natural del sudeste de Asia, en donde alcanza 45 m de altura y desarrolla un tronco con contrafuertes al llegar a la madurez; esta especie forestal ha sido plantada extensamente para la producción de madera. Se estima que existen 12.000 has de Teca en el Ecuador, las cuales se encuentran distribuidas en el Litoral ecuatoriano (2).

Entre las maderas finas para fabricación de muebles, la teca es una de las que se puede manejar en plantaciones forestales. Es muy valiosa conocida a nivel mundial apreciada por su color claro, su excelente fibra y su durabilidad. Es una especie relativamente fácil de establecer en plantaciones y, debido a que la demanda mundial por madera fina es permanente, existe una buena oportunidad para que se pueda producir en plantaciones sin correr mucho riesgo (3).

Los modelos de crecimiento son vitales para la planificación del manejo forestal. Predicen el desarrollo de un bosque, considerando características del sitio y opciones de manejo, como variables de entrada, y constituyen una herramienta importante para la toma de decisiones en el manejo forestal sostenible. Proyecta el crecimiento y rendimiento de rodales individuales es un prerrequisito para planear el manejo de los bosques a cualquier nivel. Por lo tanto, los forestales necesitan tener cierto conocimiento de las varias técnicas de modelado del crecimiento y de sus limitaciones (4).

Existen varios modelos de crecimiento y están hechos con el fin de estimar varias variables de una plantación o un bosque, entre ellos está el modelo de crecimiento para estimar diámetro en función a la edad, usando información proveniente de parcelas permanentes, los tipos de modelos que se pueden emplear en una plantación son modelos de rodal, modelos de clases de tamaños y modelos de árbol individual, cada modelo a emplear depende del tipo de propósito, como de recursos disponibles (4).

El territorio de Balzar tiene una extensión de 50.435 km², su cabecera cantonal tiene una área de 10.280 km² de los cuales 2.518 km² están disponibles para el cultivo eso quiere decir que transformando este valor a hectáreas se tienen 251.800 ha. (1km = 100 ha) de las cuales se ha usado el 0,59% del terreno destinado para el cultivo de esta especie (teca) (5).

Es importante mencionar que el Cantón San Jacinto de Balzar fue el sitio escogido para realizar la presente investigación debida que está considerada como la mejor zona en el Ecuador para el desarrollo del cultivo de la teca, también porque es donde encontramos mayor información acerca del cultivo de esta especie forestal.

En la presente investigación se predecir el crecimiento de plantaciones de *Tectona grandis* L. f. (teca) ubicadas en la zona de Balzar, mediante proyecciones alométricas, y de esta manera evaluar el crecimiento, incremento volumétrico y estimar la edad de aprovechamiento.

El conocimiento del tiempo que tardaría una plantación forestal en desarrollar un volumen aprovechable y es muy importante para los inversionistas forestales, puesto que de esta manera podríamos tomar decisiones e inclusive proyectar ventas del producto final, principalmente en las empresas de plantaciones forestales. Mediante esta investigación se evaluara las parcelas permanentes existentes, y se obtendrán datos proyectados para saber el tiempo en que podríamos aprovechar la madera.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La poca información sobre incrementos de crecimiento de especies forestales como la teca en el cantón Balzar hace plantear la siguiente investigación.

1.1.2. Diagnóstico

No existe método para determinar el crecimiento óptimo de una especie forestal, lo que existen son modelos matemáticos para predecir el incremento diamétrico anual de estas; con esta base se puede planificar el aprovechamiento.

1.1.3. Pronóstico

Al realizar el estudio se estableció un estimado de crecimiento de la teca en la zona de Balzar, estos podrán ser una base para que los productores de la misma puedan estimar la proyección del crecimiento de esta especie.

1.1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el tiempo en el cual una plantación de teca alcanza un diámetro óptimo para ser aprovechada?

1.1.5. Sistematización del problema

- ✓ ¿Cuáles son los datos dasométricos actuales de las plantaciones de teca en el cantón Balzar?
- ✓ ¿Cuál es el incremento diámetro de las plantaciones de teca en el cantón Balzar?
- ✓ ¿Cuál es el modelo de crecimiento que nos permitirán estimar la edad de una plantación de teca para su futuro aprovechamiento en el cantón Balzar.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la tasa de crecimiento en plantaciones de *Tectona grandis* L. f. (teca) mediante proyecciones alométricas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar proyecciones alométricas para evaluar el crecimiento de plantaciones de teca en la zona de Balzar.
- Calcular el incremento diamétrico de las plantaciones de teca en la zona de Balzar.
- Estimar la edad en la cual se realizaría el aprovechamiento de las plantaciones de teca en la zona de Balzar.

1.3. Hipótesis

H₀ La teca alcanza un diámetro óptimo cuando tenga una edad menor o igual a 15 años.

H₁ La teca alcanza un diámetro óptimo cuando tenga una edad mayor a 15 años.

1.4. Justificación

La presente investigación se realizó en la zona del cantón Balzar provincia del Guayas. Se consideraran tierras de producción en plantaciones de teca, existen pocos conocimientos de los modelos de crecimientos mediante proyecciones alométricas en plantaciones de teca en el cantón Balzar y su área de influencia, mediante este proyecto se busca estimar la edad en la cual la plantación podría estar apta para un aprovechamiento óptima.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Teca

Es un árbol caducifolio de tamaño grande, natural al Sudeste de Asia, en donde alcanza 45m de altura y desarrolla un tronco con contrafuertes al llegar a la madurez. Es un árbol deciduo o semideciduo que puede alcanzar una altura entre los 20 y 50 metros, con tronco generalmente recto y sin ramas hasta los 20 o 25 metros de altura. La textura de la madera es áspera y poco uniforme, con superficie aceitosa y brillantes depósitos blancos. Tiene una altísima resistencia natural al ataque de hongos y termitas debido a su aceite natural, que actúa como repelente natural de insectos. Tiene también una gran resistencia al fuego (5).

La Teca es introducida en el Ecuador alrededor del año 1960 es uno de los árboles más finos y nobles. Sus características la convierten en una de las maderas más apetecidas del mundo debido a su color y larga durabilidad. Se le atribuye una capa de aceite protectora que la hace inmune a las plagas, sol y lluvia (5).

2.1.1.1. Clasificación taxonómica

La teca presenta la siguiente clasificación:

Reino:	Plantae
SUBREINO:	Tracheobionta
DIVISION:	Magnoliophyta
CLASE:	Magnoliopsida
ORDEN :	Familiales
Familia:	LAMIACEAE
Género:	<i>Tectona</i>
Especie:	<i>Grandis</i>
Nombre científico:	<i>Tectona Grandis</i> L. f.

2.1.1.2. Origen de la teca

La Teca es de originaria de la India, Birmania, Tailandia, Indochina, Myanmar, y Java, sin embargo, ha sido extensamente sembrado por su madera y por razones ornamentales dentro de su hábitat natural y en todas las regiones tropicales del mundo, este y oeste del África, Indias Occidentales, Cuba, Jamaica, Trinidad, Costa Rica, Panamá, Brasil, Estados Unidos (sur de Florida), Puerto Rico. En India, donde se pueden encontrar estructuras hechas con árboles de Teca hace más de 1.000 años, esta especie era muy abundante (6).

2.1.1.3. Descripción botánica

Tectona grandis L. f, es una especie latifoliada que pertenece a la familia densamente pubescente, con cuatro celdas.

Tronco: Es un árbol de fuste recto, con tendencia a bifurcarse o ramificarse en exceso si crece aislado (7).

Corteza: Áspera y blanda y fisurada de 1,2 mm de espesor, de color café claro que desfolia en placas grandes y delgadas. Los árboles generalmente presentan dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, originan una copa más amplia con ramas numerosas (7).

Olor: Recién cortada tiene un olor muy distintivo, similar al del cuero (7).

Hojas: Las hojas son simples y opuestas, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos (7).

Inflorescencia: En panículas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo (7).

Flores: De cáliz campanulado, blanquecinas, pequeñas, agrupadas en grandes panículas terminales erectas es de color amarillo verdoso, de borde dentado, los pétalos se juntan formando un tubo corto, 5 o 6 estambres insertados debajo del tubo de la corola, anteras amarillas, ovadas y oblongas. La floración se da en los meses de junio a septiembre (7).

Fruto.- Es subgloboso, más o menos tetrágono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnoso cuando fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5 mm de largo. La producción de frutos al inicio del verano, de febrero a abril (7).

Semillas.- sin endosperma. Germinación de semillas epigenica, cotiledones iguales, peciolados, con una muesca o ápice emarginado. La producción de semillas fértiles se presenta entre los 15 y los 20 años (7).

Sistema radicular.- Presenta una raíz pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, pero forma numerosas y fuertes raíces laterales. Las raíces son sensibles a la deficiencia de oxígeno, de ahí que se encuentran a poca profundidad (primeros 30 cm) creciendo en suelos bien drenados (7).

2.1.1.4. Requerimientos climáticos

La Teca tolera gran variedad de climas. Se adapta mejor a condiciones tropicales moderadamente húmedas y calientes. La precipitación media anual puede estar entre los 700 y 2800 mm. La cantidad óptima está entre 1500 y 2000 mm/año. Requiere de una estación seca entre 3 y 5 meses. Tolerancia variaciones de temperatura media anual con un óptimo entre 23 y 27°C (8).

2.1.1.5. Requerimientos edáficos

Se adapta en suelos franco-arcilloso-arenosos, con pH de 5.0 a 8.5 pero se desarrolla mejor con pH de 6.5 a 7.5. Prefiere suelos profundos sedimentos arenosos o suelos arcillosos es muy estable en sus dimensiones y mantiene su forma después de trabajada (8).

2.1.1.6. Densidad de siembra

La densidad de siembra depende de los productos que se deseen obtener. Para la producción de madera se sugieren distancias de 3,0 x 3,0 m. para una densidad de 1.111 árboles/ha. Es necesario recordar que esta especie requiere de plena exposición en plantaciones puras (9).

2.1.1.7. Poda

Con el fin de mejorar la calidad de las trozas e incrementar la homogeneidad de los árboles las podas se deben efectuar a partir del tercer año eliminando así las ramas laterales hasta la mitad de la altura del árbol, para evitar la formación de los nudos. Las podas se deben realizar en forma semestral (9).

2.1.1.8. Raleo

El trabajo del raleo es beneficiar a los mejores individuos a un crecimiento óptimo. Existen muchas formas de evaluar al instante del raleo, los árboles van a crecer por la competencia de luz, por eso van a ser delgados y altos al principio. El raleo se debe hacer cuando las copas de los árboles empiecen a chocar (9).

2.1.1.9. Turno

Se realizan tres entresacas, diferentes experiencias mencionan la primera entre el año 6 y 7 hasta de un 50%, la segunda en el año 12 para dejar al final del turno entre 300 o 350 árboles/ha (9).

2.1.1.10. Usos

Se utiliza para la construcción de botes, muebles de interior y exterior, carpintería, ebanistería, durmientes, pisos, partes para vehículos, instrumentos musicales, artículos deportivos, juguetes, embalajes, tanques, tonelería, cajonería, chapas decorativas, postes para construcción, para transmisión y para cercas, cabos para implementos, tornería, artesanías, pilotes para puentes, leña y carbón, implementos agrícolas, carrocerías (9).

2.1.1.11. Plantaciones de teca

La Teca es una especie que, crece adecuadamente en plantaciones cuando las condiciones son favorables. Por esta característica es muy diferentes a otras especies por su adaptabilidad. Las plantaciones de teca mezcladas con otras especies arbóreas son menos susceptibles a la erosión del suelo y al riesgo de plagas y enfermedades. Las plantaciones

puras de teca son particularmente vulnerables a las plagas defoliantes, sobre todo cuando se suprime el piso estación no son óptimas (9).

2.1.2. Plantaciones forestales

Las plantaciones forestales son cultivos de especies forestales que generan ecosistemas boscosos establecidos por intervención humana. Constituyen una oportunidad para alcanzar el desarrollo sostenible, y desempeñan diversas funciones. Generando beneficios económicos, sociales y ambientales. En muchos lugares se han establecido con fines de rehabilitación del medio ambiente y conservación de suelos y aguas, y en otros, el principal objetivo de las plantaciones ha sido para la producción de madera, pero sin embargos existes otros objetivos de acuerdo a su clasificación (10).

2.1.3. Importancia de las plantaciones forestales

Las plantaciones forestales son de gran importancia ya que recuperan los suelos degradados y erosionados por malas prácticas agrícolas y ganaderas agregando materia orgánica al suelo y mejorando su estructura, por tanto las plantaciones son una alternativa productiva en suelos donde ya no se realiza la agricultura o ganadería. Por otro lado, los bosques plantados con fines comerciales para industria forestal, reducen la deforestación en los bosques nativos (11).

2.1.4. Incremento volumétrico

El Incremento volumétrico es el volumen en madera obtenido por una determinada masa forestal, en un determinado período de tiempo, para el empleo de este tipo de estudios utilizamos las parcelas permanentes de crecimiento. Los cálculos estimativos de volumen de los árboles, se realizan basándose en fórmulas de determinación de volumen del cilindro, con ciertas modificaciones que varían de acuerdo a los objetivos o características de la investigación (12).

2.1.5. Inventario forestal

Los inventarios forestales sirven para recopilar y registrar datos de una parcela establecida en bosque natural o plantado, también determina la cantidad de árboles a cosechar, su rentabilidad, y calidad de los especies arbóreas y otras características de la zona del terreno donde crecen dichas especies, con los datos de un inventario se mide el diámetro, altura, para calcular la área basal, volumen, edad de las especies y sus crecimiento y otros factores que se determinan en tales mediciones (13).

La importancia de los inventarios va de acuerdo a la información que en ellos se presenta ya que reflejan un interés por preparar una lista más completa posible de las especies presentes, las descripciones de las mismas, esforzándose en expresar su presentación, e indicando además su abundancia; son las que guardan un valor real para continuar con estudios futuros (13).

2.1.6. Modelos de crecimiento

Los modelos de crecimiento son vitales para la planificación del manejo forestal. Proyectar el crecimiento y rendimiento de rodales individuales es un prerrequisito para planear el manejo de las plantaciones a cualquier nivel. Por lo tanto los gestores necesitan tener cierto conocimiento de las varias técnicas de modelado del crecimiento y de sus limitaciones. Los modelos de crecimiento pueden ayudar a los investigadores y los gestores forestales de diversas maneras. Algunos usos importantes de los modelos incluyen la capacidad para predecir rendimientos futuros y explorar distintas opciones silviculturales (14).

La importancia de los modelos de crecimiento ha sido reconocida por largo tiempo en muestreo forestal. El significado práctico de estos efectos para la predicción del crecimiento es aún incierto. Hasta que esto se aclare, sin embargo, parece prudente usar distribuciones de tamaños de árboles con cierto cuidado (15).

2.1.7. Tipos de modelos de crecimiento

Existe una gran cantidad de modelos de crecimiento, por lo tanto, la clasificación de los modelos puede basarse en una variedad de características. Debido a que es imposible examinar la metodología utilizada en cada uno. Los modelos de crecimiento dinámicos pueden clasificarse de acuerdo al nivel de detalle en la descripción de estado (15).

2.1.8. Clasificación de Plantaciones coetáneas de una sola especie

Este modelo muy simple y puede ser tratado de dos formas:

2.1.8.1. Modelo de crecimiento de rodal

Se describe el rodal con parámetros generales y agregados a nivel de superficie: típicamente se utiliza el área basal por hectárea, el número de árboles por hectárea, la altura dominante, etc (16).

2.1.8.2. Modelos a nivel de rodal

Este modelo se describe el estado del rodal con unas pocas variables que representan agregados a nivel rodal tales como área basimétrica, diámetro medio, volumen por hectárea, árboles por hectárea, espaciamiento medio, altura dominante, etc. A veces se usan también parámetros de distribuciones de diámetro y altura, aunque más frecuentemente estos son estimados a posterior como funciones de las variables de estado. El cual a su vez puede ser modelado de dos formas (16).

✓ Modelos de posición de árbol, o modelos de árbol individual dependientes de distancia

Este modelo describe el estado mucho más detallada. Esta incluye la ubicación (coordenadas) y diámetro, y a veces altura y dimensiones de copa, de cada árbol en una parcela de muestra. El crecimiento y probabilidades de mortalidad para cada árbol se

expresan como funciones de sus dimensiones y de la posición relativa y dimensiones de sus vecinos (16).

✓ **Modelos de árbol individual independientes de distancia**

Este modelo detalla el estado con datos de árboles individuales, pero sin especificar la posición de los árboles. Rigorosamente esta clase de modelos debería incluir solo aquellos basados en una lista de los arboles reales en una parcela, con sus dimensiones (16).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Clasificación de las plantaciones forestales

Según Cabrera, (2003). Clasifica las plantaciones forestales según su criterio, lo cual se muestra en la tabla siguiente: (cuadro1).

Cuadro 1. Criterio y clasificación de las plantaciones forestales

Criterio	Clasificación
Como base en el ecosistemas utilizado	Plantación en macizo Plantación agroforestal Plantación de enriquecimiento Plantación de enriquecimiento con manejo de regeneración natural
Como base la composición de especies	Plantación puras o especies Plantación mixtas
Como base al origen de la especies	Plantaciones nativas Plantaciones exóticas Plantaciones combinada
Como base en el destino de la producción	Plantaciones industrial Plantaciones energéticas Plantaciones de uso múltiple

Cabrera, (2003).

2.2.2. Plantaciones forestales en el Ecuador

El desarrollo forestal del país en los últimos años ha sido limitado, de acuerdo a la información el mayor énfasis se realizó en la década de 1960, existe tendencia en el incremento de las plantaciones forestales sin lograr cumplir las aspiraciones y peor aún estas no han logrado reemplazar al bosque nativo para el suministro de la madera que satisfaga la demanda nacional e internacional. Se estima que existe aproximadamente 160.000 has de plantaciones, cuya demanda de los sectores vinculadas a esta actividad cada vez es creciente, para atender necesidades industriales y energéticas (17).

Además señalan que la mayor superficie de plantaciones forestales corresponde a reforestaciones privadas, empresarios, campesinos y comunitarios, los cuáles han aplicado diversas tecnologías (17).

2.2.3. Principales provincias que siembran teca

Espinoza; D. 2014 (5). Menciona las principales zonas que siembran teca en el Ecuador son:

- Guayas: en sus cantones como El Empalme, El Triunfo, y Balzar
- Los Ríos
- Manabí
- El Oro
- Orellana
- Santo Domingo de los Tsachilas

2.2.4. Cantón Balzar

Balzar es uno de los 25 cantones que forman parte de la Provincia del Guayas, fue parroquia del cantón Daule. En sus orígenes se llamó San Jacinto de Balzar. El 23 de marzo de 1826 fue ascendida a parroquia eclesiástica. En 1847 se le reconoció como parroquia civil del cantón Daule. El 19 de Septiembre de 1903 fue expedido el Decreto de Cantonización y sancionado por el Ejecutivo el 26 de Septiembre de ese mismo mes y año,

en que sonaron las campanas anunciando la existencia de un nuevo cantón en la provincia del Guayas (5).

Balzar es una tierra privilegiada que se considera como una zona de producción agrícola y ganadero, posee diversidad de haciendas que dan empleo a gran cantidad de personas. Tiene unas Cooperativas Agrícolas bien organizadas. Produce: arroz, maíz, café, algodón, tabaco y exquisitas frutas como: piñas, sandías, papayas, mangos, mandarinas, melones y naranjas. Finas maderas como la teca, laurel, fernansánchez, amarillo, etc. Además, se ha incrementado de manera considerable la industria avícola y la producción porcina.

2.2.4.1. Haciendas que siembran teca en Balzar

Espinoza; D. 2014 (5) relata en la actualidad hay alrededor de 10 haciendas entre las más conocidas que producen teca en las cuales se mencionan a continuación.

- ✓ Meriza
- ✓ El Tecal
- ✓ La Campaña forestal
- ✓ La Estancia Forestal
- ✓ El Refugio Forestal
- ✓ Tall Teak
- ✓ El Sendero Forestal
- ✓ Centro Verde Forestal
- ✓ La Reserva
- ✓ Rio Congo Forestal
- ✓ Toltic
- ✓ Tropibosques
- ✓ Grupo Siembra

2.2.5. Parcelas Permanentes de Crecimiento

Las parcelas permanentes, tanto en plantaciones como en bosques naturales, es la base para desarrollar e implementar las operaciones y actividades correctas, y en el tiempo oportuno. Por ejemplo, el estudio realizado por Heikkeinen en 1994, sobre la evaluación de la investigación de crecimiento y rendimiento para la formulación de planes de manejo en

América Central, corrobora la existencia de un vacío de información al respecto y la necesidad urgente de iniciar y complementar el establecimiento y evaluación de parcelas permanentes de medición (18).

2.2.6. Modelos de Chapman Richards, proyecciones de crecimiento

El siguiente modelo que se presenta a continuación son las más utilizadas tradicionalmente y está probado científicamente que ha funcionado correctamente en la modelación dendrometría. (19).

$$V = A \cdot (1 - b \cdot c^{-k \cdot t})^{\frac{1}{1-m}}$$

Donde:

Los parámetros tienen el siguiente significado biológico

- **A** es una constante y representa la asíntota de la variable, esto es el tamaño máximo (V) que el árbol puede alcanzar en el tiempo.
- **B** es una constante donde se cumple la relación :

$$t = \frac{\ln b}{k} \text{ Esto es el momento } t \text{ en el cual } V \text{ comienza a tener valores positivos}$$

- **K** es una constante conocida como “tasa constante de crecimiento”, la cual determina la amplitud de la curva sobre el eje del tiempo.
- **M** es una constante que define la máxima tasa de crecimiento, se cumple que:

$$V \text{ max} = A \cdot m^{\frac{1}{1-m}} \text{ con solución en } t \text{ igual a } \frac{\ln(\frac{1}{1-m})}{k}$$

La función V tiene su máxima tasa de crecimiento numérica (V max) en esta condición. Esta función ha sido reportada como una de las más adecuadas en la literatura para definir los fenómenos de crecimiento.

Tiene las siguientes propiedades:

- Permite fijar una edad mínima a la cual V tiene valores positivos
- Admite varios cambios de pendiente
- Es asintótico
- No es estrictamente simétrico ni en sus concavidades ni en el desarrollo en el punto de máximo crecimiento

La función de crecimiento de Chapman Richard ha sido un modelo popular para describir el crecimiento de diversas variables de crecimiento de rodales de árboles y bosques, por ejemplo, altura d árboles y rodales, diámetro a la altura del pecho, área basal y volumen.

El crecimiento de Chapman Richards se basa en el trabajo seminal de Bertalanffy para el crecimiento animal y fue publicada por Richard, Pienaar y Turnbull la introdujeron en aplicaciones forestales (20).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.3. Características Meteorológicas de la zona de estudio

Las condiciones climáticas que presenta el cantón Balzar, se mencionan a continuación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características Edafoclimáticas

Parámetro	Promedio
Temperatura media anual	24.4 °C
Precipitación media anual	1,222 mm
Altitud	80msnm
Humedad relativa	72.9%
heliofanía media anual	881 horas luz
Topografía	Irregular
Ph	5.9-7.1.
Tipo de suelo	arcilloso-arenoso
Zona de vida	Bosque seco tropical (bs - T)

FUENTE: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuario Meteorológico 2009.

3.1.4. Materiales de campo y de oficina

3.1.4.1. Materiales de campo

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se empleó los siguientes materiales.

- ✓ GPS
- ✓ Machete
- ✓ Cinta diamétrica
- ✓ Hipsómetro de Suunto
- ✓ Botas
- ✓ Libreta
- ✓ Lápiz
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Calculadora

3.1.4.2. Materiales de oficina

- ✓ Flash memory
- ✓ Ordenador
- ✓ Impresora
- ✓ Software's (word, excel, power point,).
- ✓ Libros
- ✓ Artículos científicos
- ✓ Documentos electrónicos
- ✓ Hojas A4

3.2. Tipo de investigación

El estudio se realizó en plantaciones de *Tectona grandis* L. f. en parcelas permanentes de crecimiento establecidas en las haciendas Alianza, Cerro de hojas, Hacha y Las Piedras, pertenecientes a un inversionista privado, estos datos colectados registraron las variables dasométricas evaluadas en 80 parcelas circulares de 500 m² cada una.

Para el estudio se utilizaron los siguientes métodos de investigación.

3.2.1. Analítico

Se empleó la investigación analítica porque cedió a conocer más del estudio, lo cual se puede explicar, hacer analogías y establecimiento de nuevas teorías y conceptos para la observación de los resultados, además de analizar los resultados que se obtuvieron mediante muestreo y cálculos matemáticos en el presente estudio.

3.2.2. Descriptivo

Se usó este tipo de investigación debido a que el propósito fundamental fue proyectar el incremento diamétrico a futuros en plantaciones forestales de teca en cuatro haciendas ubicadas en el cantón Balzar para descubrir el año que podrá ser aprovechada la plantación.

3.3. Metodología

Se tomaron datos dasométricos como diámetro, altura de las parcelas permanente de 500 m² de superficie en los sitios donde se encuentran las plantaciones de teca para determinar el mejor modelo para proyectar el crecimiento de la especie forestal y estimar la edad en la que se lograra un diámetro ideal para el aprovechamiento del mismo.

3.3.1. Proyecciones alométricas en plantaciones de teca en cinco zonas del cantón Balzar

3.3.1.1. Reconocimiento y selección del área de estudio

Se realizó un recorrido preliminar a las plantaciones ya establecidas con el objetivo de conocer las parcelas permanentes de las plantaciones de teca.

3.3.1.2. Localización de las haciendas

Se realizó el reconocimiento de las haciendas en los cuatro sitios donde se encuentran establecidas las plantaciones y donde están establecidas las parcelas temporales de crecimiento, las cuales se detallan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Ubicación de las haciendas donde se encuentran las plantaciones de teca

N°	Sitios (Haciendas)	COORDENADAS	
		X	Y
1	Alianza	634004E	9867229N
2	Cerro de hojas	620123E	9854415N
3	Hacha	611424E	9849430N
4	Las piedras	626326E	9849152N

3.3.1.3. Registro de datos de campo

La información fue registrada en un formulario de campo diseñado para inventarios forestales considerando las variables dasométricos mencionadas.

3.3.1.4. Registro de datos de las variables cuantitativas

Se registró los datos de todos los árboles que se encontraron dentro de las parcelas permanente. La hoja de campo se refleja en el (cuadro 4).

Cuadro 4. Hoja de campo utilizada para registro de inventario forestal

HOJA DE REGISTRO DE INVENTARIO FORESTAL				
Hacienda:				
Coordenadas:				
Fecha de medición:				
Parcela	N° de árbol	Diámetro	Altura comercial (m)	Altura Total (m)
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

(Indio, Y; 2017).

3.3.1.5. Variables cuantitativas

La información se registró de forma directa con la ayuda de los instrumentos mencionados en materiales de campo.

- **Diámetro**

El diámetro se registró a 1,30 m desde la base del árbol, para esto se utilizó una cinta diamétrica, registrando en la hoja de campo.

- **Altura total**

La altura se midió en metros para lo cual se empleó un hipsómetro, se consideró a una distancia de 15 m a la derecha, sumando el valor superior con inferior para obtener la altura del árbol.

- **Área basal**

Una vez obtenido los datos del diámetro se procedió a calcular el área basal (m^2) de cada uno de los árboles mediante la ecuación 1:

$$AB = \pi * (D)^2/4 \quad (1)$$

Dónde:

AB = Área basal en m^2

Π = 3,1416

DAP² = Diámetro al cuadrado en cm.

- **Volumen**

Se utilizó los datos del área basal y de altura total para calcular el volumen (m^3). De cada árbol aplicando la ecuación 2.

$$V = AB * h * f \quad (2)$$

Donde:

V= volumen (m^3)

AB = Área basal (m^2)

h = altura del fuste (m)

f = factor de forma (0,6)

- **Modelos de Chapman Richards, proyecciones de crecimiento**

Se utilizó los datos del volumen de incremento anual para determinar las proyecciones alométricas 4.

$$V = A \cdot (1 - b \cdot c^{-k \cdot t})^{\frac{1}{1-m}} \quad (4)$$

Donde:

- **A** es una constante y representa la asíntota de la variable, esto es el tamaño máximo (V) que el árbol puede alcanzar en el tiempo.
- **B** es una constante donde se cumple la relación :

$$t = \frac{1nb}{k} \text{ Esto es el momento } t \text{ en el cual } V \text{ comienza a tener valores positivos}$$

- **K** es una constante conocida como “tasa constante de crecimiento”, la cual determina la amplitud de la curva sobre el eje del tiempo.
- **M** es una constante que define la máxima tasa de crecimiento, se cumple que:

$$V \text{ max} = A \cdot m^{\left(\frac{1}{1-m}\right)} \text{ con solución en } t \text{ igual a } \frac{\ln\left(\frac{1}{1-m}\right)}{k}$$

La función V tiene su máxima tasa de crecimiento numérica (V max) en esta condición. Esta función ha sido reportada como una de las más adecuadas en la literatura para definir los fenómenos de crecimiento.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Una vez realizado el registro de los datos existentes y realizar las proyecciones de crecimiento se obtuvo los siguientes resultados:

4.1.1. Sitio Hacienda Alianza

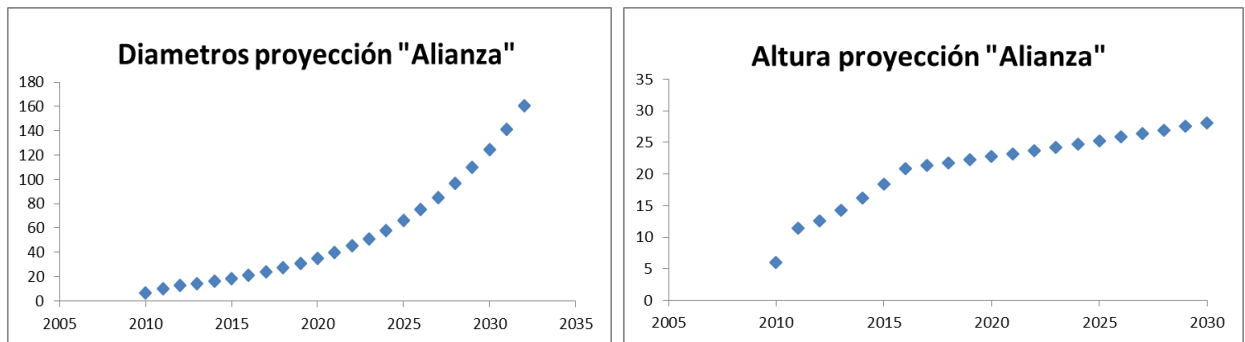


Figura 2. Proyecciones de Diámetro y Altura realizadas “Alianza”

Se encontró que los individuos analizados obtuvieron un DAP de 45 cm y una altura de 23,75 metros, a los 15 años. Podemos observar que a partir del décimo año, el incremento en altura se reduce en comparación con el crecimiento en diámetro, el cual se mantiene constante (**Figura 2**).

4.1.2. Sitio Hacienda Cerro de hojas

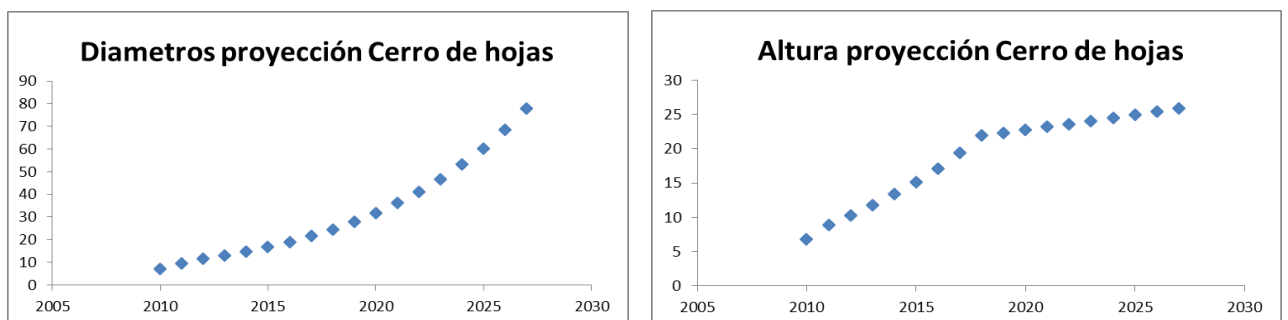


Figura 3. Proyecciones de Diámetro y Altura realizadas “Cerro de hojas”

Se encontró que los individuos analizados obtuvieron un DAP de 41,09 cm a los 15 años y una altura de 23,61 metros. Podemos observar que a partir del décimo año, el incremento en altura se reduce en comparación con el crecimiento en diámetro, el cual se mantiene constante (**Figura 3**).

4.1.3. Sitio Hacienda Hacha

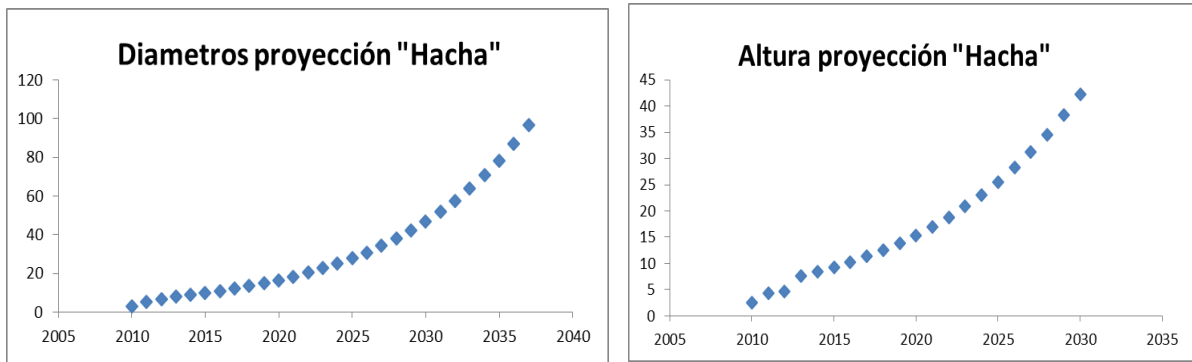


Figura 4. Proyecciones de Diámetro y Altura realizadas “Hacha”

Se encontró que los individuos analizados obtuvieron un DAP de 27,75 cm y una altura de 25,50 metros; al realizar la proyección hasta los 15 años, encontramos diámetros de 46,65 centímetros y alturas de 42,30 metros, a los 20 años. Podemos observar que el incremento en altura se mantiene al igual que el crecimiento en diámetro, manteniéndose constante (Figura 4).

4.1.4. Sitio Hacienda Las Piedras

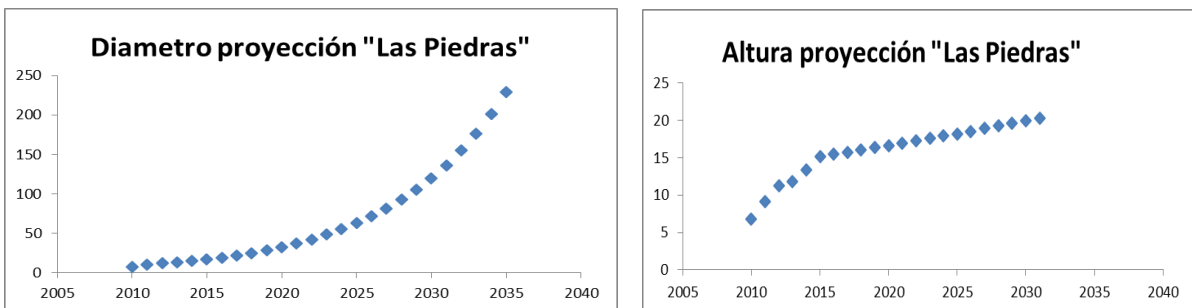


Figura 5. Proyecciones de Diámetro y Altura realizadas “Las Piedras”

Se encontró que los individuos analizados obtuvieron un DAP de 42,58 cm y una altura de 17,25 metros, a los 15 años. Podemos observar que a partir del décimo año, el incremento en altura se vuelve un poco más lento en comparación con el crecimiento en diámetro, el cual se mantiene constante (Figura 5).

A continuación, detallamos la figura de diámetros estimados mediante la modelación realizada en los sitios de estudio, en donde observamos la proyección de crecimiento de la especie teca, las que se realizaron en base a la información existente de las tomas de datos de cada una de las parcelas elaboradas en las plantaciones en los cuatro sitios de estudio. En base a los resultados analizamos que en los sitios “Alianza”, “Cerro de hojas” y “Las Piedras” los crecimientos son similares, mientras que en el sitio “Hacha” el crecimiento es más lento en cuanto a diámetros.

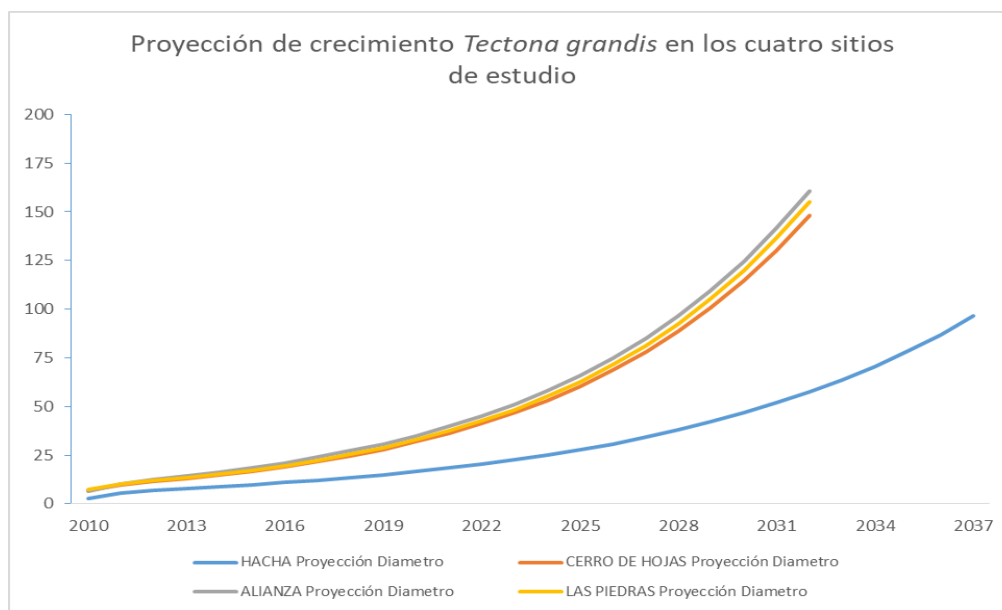


Figura 6. Proyecciones de crecimiento realizadas en los cuatro sitios de estudio

Las tasas de crecimiento, se calcularon en base a lo proyectado, teniendo como resultado que en el sitio “Alianza”, se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de 7,02 centímetros calculada en 15 años; mientras que en el sitio “Cerro de hojas” obtuvimos una tasa de crecimiento de 6,40 centímetros calculados en 15 años; en el sitio “Las Piedras” se calculó que la tasa de crecimiento es de 6,73 centímetros en 15 años. Mientras que en el sitio “Hacha” encontramos una tasa de crecimiento de 3,47 centímetros calculada en 20 años (**Figura 7**).

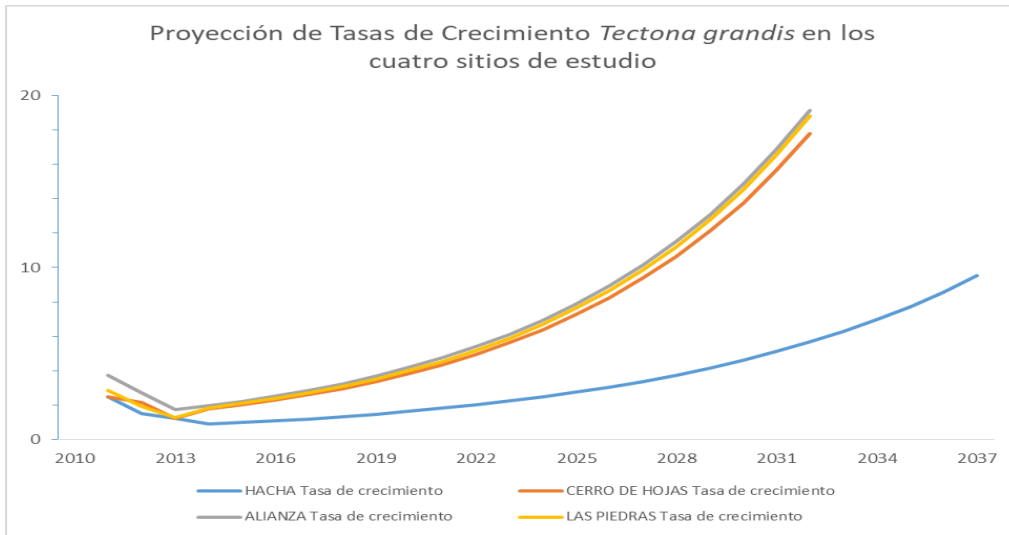


Figura 7. Tasas de crecimiento realizadas en los cuatro sitios de estudio

4.2. Discusión

La modelación del crecimiento del diámetro y el volumen de los árboles es una herramienta técnica indispensable en la ordenación y el manejo sostenible de los bosques plantados y naturales por cuanto permiten determinar los turnos de corta, las dimensiones y la producción esperada así como el momento en que las tasas de crecimiento se maximizan. En el cantón Balzar se dice que es una zona en cual se manifiestan, por ser buenos suelos para producir teca (12).

Las tasas de incremento en diámetro y altura dieron un mayor resultado para la hacienda Alianza y menor para la hacienda Hacha. Lo cual podemos observar que a los 15 años el incremento en altura se vuelve un poco más lento en comparación con el crecimiento en diámetro, el cual se mantiene constante.

El crecimiento diamétrico de la teca puede haber sido estudiado en proyecciones de crecimiento en parcelas permanentes pero hasta ahora ningún autor lo ha reportado.

El incremento medio anual de la teca las haciendas fueron los siguientes: En las haciendas Alianza y Cerro de Hojas se muestran valores de 45 centímetros de diámetro, y altura 23 metros a los 15 años aproximadamente, mientras que la hacienda Las Piedras muestra 42 centímetro de diámetro, y 17 metros de altura, y la hacienda Hacha que mostro el menor valor con 27 cm, y 25 metros de altura.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los sitios “Alianza”, “Cerro de hojas” y “Las Piedras” presentaron un desarrollo similar en crecimiento de acuerdo a la proyección realizada mediante el modelo matemático aplicado, no así en el sitio “Hacha” donde el desarrollo fue un poco menor en relación a los demás.
- Las tasas de crecimiento de la especie teca, se calcularon de acuerdo a las proyecciones de crecimiento realizadas, basándonos en los datos colectados en las parcelas de crecimiento establecidas en los sitios de estudio, teniendo como resultado que en los sitios “Alianza”, “Cerro de Hojas” y “Las Piedras” encontramos una tasa de crecimiento mayor que en el sitio “Hacha”.
- De acuerdo a las proyecciones, en los sitios “Alianza”, “Cerro de Hojas” y “Las Piedras” podemos aprovechar las plantaciones a una edad de 15 años cuando estas tengan diámetros estimados en el rango de 60 a 70 centímetros; mientras que en el sitio “Hacha” podríamos aprovechar la plantación a una edad de 20 años con un diámetro estimado en el rango de 45 a 50 centímetros; no obstante si deseamos aprovechar los arboles con el rango diamétrico de los otros sitios, tendríamos que esperar los 25 años.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los propietarios de las plantaciones evaluadas continuar con este tipo de investigación para determinar más sitios aptos para la producción de teca.
- Continuar con estudios similares en otras zonas ya que existen pocos conocimientos de las proyecciones de crecimiento en plantaciones de teca.
- Incentivar en otros productores el desarrollo de este tipo de investigaciones que permitirán conocer la edad en que la especie tenga un diámetro óptimo para el aprovechamiento.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura Citada

1. Dalmau, K; Gallardo, S; Rivadeneira, I. Proyecto de Teca como alternativa de forestación e inversión a Largo Plazo. 11 p. 2001.
2. OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales). 2004. Actualidad Forestal Tropical In: Boletín de la OIMT. Volumen 12. Número 3. 4 p
3. Ladrach; w. Manejo de plantaciones de la teca para productos sólidos. Informe Especial, Orlando, Florida, USA. 27 p. Diciembre 2009.
4. Newnham, R.M. 1964. The development of a stand model for Douglas-fir. PhD Thesis. Faculty of Forestry, University de British Columbia, Vancouver. 201 p.
5. Espinoza; D. Importancia E Impacto Económico En Balzar En La Exportación De Teca, (tesis para ingeniero en gestión de empresas), Universidad Católica De Santiago De Guayaquil, Ecuador 95 p. 2014.
6. Chávez, E; Fonseca, W. Teca (*Tectona grandis* L. F) especie del árbol de uso múltiple en América Central, Centro de Investigación Tropical de Investigaciones y Enseñanza Catie1. Turrialba, Costa Rica 54 p. 1991. (ORIGEN DE TECA).
7. Fonseca, W. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L. F) en costa rica. Heredia, Costa Rica, 121 p. 2004. (**Descripción botánica**)
8. Ecuador forestal ficha técnica de teca (*Tectona grandis* L. F) jardín botánico Quito- Ecuador 29 de octubre del 2015.
9. Pandey, D; Brown, C. La teca: una visión global. Depósito de documentos de la FAO. Unasyuva 51(201). 200.
10. Cabrera, C. Plantaciones forestales, oportunidades para el desarrollo sostenible. Universidad Rafael Landívar. Informe técnico No 6 Guatemala 20 p. 2003.

11. Ruiz, R; Azpíroz, H; Rodríguez L; Cetina, Gutiérrez. M. Importancia de las plantaciones forestales de Eucalyptus. Universidad Autónoma Indígena de México. Ra Ximhai. El Fuerte, México. 2(3), 815-846 p. 2006.
12. N, Medrano; Determinación del Incremento Volumétrico e Índice de Sitio en Plantaciones De Teca en la Hacienda La Balsa Recinto Cerritos Cantón Balzar. Escuela Superior Politécnica del Litoral (tesis de ingeniero agropecuario) Guayaquil. Ecuador. 2008.
13. Husch, B. Planificación de un Inventario Forestal. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 335 p. 1971.
14. Alder, D. A distance-independent tree model for exotic conifer plantations in East África. *Forest Science*, 25, 59–71. 1979.
15. García, O. Experience with an advanced growth modelling methodology. In Ek, A. R., Shifley, S. R., y Burk, T. E. (Eds.), *Forest Growth Modelling and Prediction*, 668–675 p. USDA Forest Service, General Technical Report NC-120. 1988.
16. Goulding, C. J. Simulation techniques for a stochastic model of the growth of Douglas-fir. Ph.D. thesis, University of British Columbia 1972.
17. Vinueza, M .El bosque en el Ecuador, una visión transformada.25 p.2001
18. Farley, M. Plantaciones forestales y producción de servicios ambientales. departamento de geografía, San Diego State University, san diego, california, EE.UU. 3-14 p. 2008.
19. Corvalán, P; Hernández, J. Universidad de Chile Apuntes de Dendrometría Modelos de Crecimiento. 4 p. 2006.
20. Pienaar, L; Turnbull, K. La generalización de Chapman-Richards del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para el crecimiento del área basal y el rendimiento en rodales de edad intermedia. 2-22 p.1973

ANEXOS



Anexo 1. Toma de datos dasometricos en plantaciones de teca



Anexo 2. Parcelas permanente en plantaciones de teca

AÑO	HACHA	CERRO DE HOJAS	ALIANZA	LAS PIEDRAS
	Proyección Diámetro	Proyección Diámetro	Proyección Diámetro	Proyección Diámetro
2003	2,83	7,07	6,24	7,26
2004	5,29	9,56	9,99	10,10
2005	6,78	11,73	12,67	12,04
2006	7,98	12,97	14,39	13,29
2007	8,85	14,74	16,33	15,13
2008	9,82	16,76	18,55	17,22
2009	10,90	19,05	21,06	19,59
2010	12,09	21,65	23,91	22,30
2011	13,42	24,61	27,14	25,38
2012	14,88	27,98	30,82	28,88
2013	16,51	31,80	34,99	32,87
2014	18,32	36,15	39,73	37,41
2015	20,32	41,09	45,11	42,58
2016	22,55	46,71	51,21	48,46
2017	25,02	53,09	58,15	55,15
2018	27,75	60,35	66,02	62,77
2019	30,79	68,60	74,96	71,44
2020	34,16	77,98	85,11	81,30
2021	37,90	88,63	96,63	92,53
2022	42,05	100,75	109,71	105,31
2023	46,65	114,52	124,56	119,85
2024	51,75	130,18	141,42	136,40
2025	57,42	147,97	160,57	155,23

Anexo 3. Hoja de campo utilizada para registro de inventario forestal