



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

TRABAJO DE TITULACIÓN

MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA

Guía para la gestión sostenible en plantaciones de *Tectona grandis* L. f.

AUTOR

Denis Leonel Esmeraldas Sabando

JIPIJAPA - MANABÍ - ECUADOR

2025



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

TRABAJO DE TITULACIÓN

MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA

Guía para la gestión sostenible en plantaciones de *Tectona grandis* L. f.

AUTOR

Denis Leonel Esmeraldas Sabando

TUTORA

Ing. Ginger Aracely Pionce Andrade, Mg. Sc.


JIPIJAPA - MANABÍ - ECUADOR

2025

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Ginger Aracely Pionce Andrade. Mg.Sc., Catedrática de la Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, certifica que el Señor Denis Leonel Esmeraldas Sabando ha realizado el Proyecto de Investigación intitulado “Elaboración de una guía para la gestión sostenible en plantaciones de *Tectona grandis L. f*, bajo la dirección de quien suscribe, habiendo el estudiante cumplido con las disposiciones y requisitos que para el efecto se requiere.

Jipijapa, 31 de Enero del 2025



Ing. Ginger Aracely Pionce Andrade, Mg. Sc.
DOCENTE TUTORA

APROBACIÓN DEL INFORME POR EL TRIBUNAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**APROBADO POR EL TRIBUNAL DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS NATURALES Y LA AGRICULTURA**

Ing. César Alberto Cabrera Verdesoto, M. Sc.
PRESIDENTE



Ing. Wagner Nolasco Ramírez Huila, M. Sc.
MIEMBRO PRINCIPAL



Ing. Máximo Terencio Ganchozo Químis, Mg. Sc.
MIEMBRO PRINCIPAL



Ing. Darwin Marcos Salvatierra Piloza, M. Sc.
MIEMBRO PRINCIPAL



Dedicatoria

A mi familia, cuyo amor, cariño y apoyo incondicional durante esta etapa de mis estudios han sido el motor de todos mis logros. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y el sacrificio. Gracias a mi madre por ser siempre una inspiración para mí y estar siempre a mi lado en todo momento pendiente de mi progreso, animándome en los momentos más difíciles.

A mis abuelos por haberme criado de la mejor manera y haber estado bajo su cuidado en mi etapa de escuela y colegio apoyándome como si fuera un hijo. También a mis profesores que he tenido durante mi etapa de universitario en todos estos semestres por compartir sus conocimientos, sabiduría y enseñanzas han dejado una huella para seguir adelante con lo que me proponga en el futuro.

Denis Leonel Esmeraldas Sabando

Agradecimiento

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a todos los que me han apoyado y guiado a lo largo de este camino académico. Primero que nada, a mi familia, cuyo amor, dedicación y apoyo incondicional son la base de mi vida. Gracias por creer en mí y enseñarme el valor del esfuerzo y el sacrificio.

A mi querida tutora la Ing. Ginger Aracely Pionce Andrade, Mg. Sc. por su guía, paciencia y valiosos consejos a lo largo de esta investigación. Sus enseñanzas y orientaciones han sido esenciales para la culminación de este trabajo.

A la universidad por darme la oportunidad de poder haber estudiado y los docentes que he tenido durante estos cinco años de estudios que me han enseñado mucho en las distintas materias asignadas durante todo este periodo.

A mis compañeros por compartir conmigo esta experiencia durante estos últimos años, las horas de estudio juntos y los momentos de diversión. Hemos superado muchos desafíos juntos y creados recuerdos inolvidables.

Denis Leonel Esmeraldas Sabando

Índice de contenido

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	3
APROBACIÓN DEL INFORME POR EL TRIBUNAL.....	4
Dedicatoria	5
Agradecimiento	6
Índice de contenido.....	7
Resumen.....	11
Abstract	12
1. Introducción.....	13
2. Objetivos	15
2.1. Objetivo General.....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
3. Objeto de Estudio y Campo de Acción.....	16
3.1. Objeto de Estudio.....	16
3.2. Campo de Acción.....	16
3.3. Pregunta(s) de Investigación	16
3.4. Alcance de la Investigación.....	16
3.5. Hipótesis de Investigación (si procede)	16
4. Marco referencial.....	17
4.1. Importancia de <i>Tectona Grandis</i>	17

4.2.	Características de la <i>Tectona grandis</i>	18
4.3.	Descripción Morfológica	18
4.4.	Características Edafoclimáticas para la Especie.....	19
4.5.	Fertilización en Plantación	20
4.6.	Técnicas silviculturales	21
4.7.	Deshijas	22
4.8.	Raleos.....	23
4.9.	Podas	23
4.10.	Sistema Agroforestal.....	24
4.11.	La Silvicultura en Plantaciones Forestales.....	25
5.	Materiales y Métodos.....	26
5.1.	Ubicación del área	27
5.2.1.	Clima.....	28
5.2.2.	Topografía.....	28
5.2.3.	Altitud	28
5.2.4.	Flora.....	28
5.2.5.	Fauna.....	28
5.3.	Principios de manejo forestal sostenible.....	29
5.4.	Planificación del Aprovechamiento Forestal	29
5.5.	Reforestación y Restauración	30

6.	Resultados	31
6.1.	Crecimiento y Producción.....	31
6.2.	Calidad del Suelo.....	32
6.3.	Prácticas de Manejo	33
6.3.1.	Raleo	33
6.3.1.1.	Tipos	34
6.3.1.2.	Raleo ascendente	34
6.3.1.3.	Raleo descendente	35
6.3.1.4.	Raleo selectivo.....	35
6.3.1.5.	Raleo sistemático.....	35
6.3.2.	Poda	36
6.3.3.	Manejo de rebrotes y de la regeneración natural.....	38
6.3.4.	Fertilización.....	39
6.3.5.	Control Plagas y enfermedades	39
7.	Discusión.....	44
7.1.	Análisis del Manejo Silvicultural	44
7.2.	Impacto Económico y Ambiental de los Raleos.....	44
7.3.	Mejora de la Calidad de la Madera a través de Podas	45
7.4.	Comparación con Estudios Previos	45
7.5.	Impacto Ambiental	45

7.6.	Sostenibilidad y Prácticas de Manejo	46
7.7.	Limitaciones del Estudio.....	46
8.	Conclusiones.....	47
9.	Recomendaciones	48
10.	Referencias bibliográficas	49
	Anexos	55

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito principal contribuir al manejo sostenible de las plantaciones de *Tectona grandis* L. f., una especie conocida por su excepcional madera y su aporte al equilibrio ambiental. Más allá de su valor económico, la teca desempeña un papel importante en la sostenibilidad, pero un manejo inadecuado puede provocar graves consecuencias, como la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. Por ello, esta indagación la cual se enfocó en la elaboración de una guía práctica que permita optimizar el aprovechamiento forestal de la teca *Tectona grandis* L. f., sin comprometer los recursos naturales. Para lograrlo, el estudio se desarrolló en dos etapas fundamentales. La primera consistió en una revisión exhaustiva de las prácticas actuales de manejo y sus implicaciones ambientales. En la segunda etapa, se integraron los hallazgos bibliográficos con observaciones de campo, dando forma a una guía orientada a la acción, con recomendaciones específicas y estrategias sostenibles. Los resultados obtenidos destacan prácticas clave como la rotación de cultivos, la implementación de sistemas agroforestales y el uso de abonos orgánicos, que no solo mejoran la calidad del suelo, sino que también reducen la dependencia de insumos químicos. Además, técnicas como el raleo y la poda en etapas tempranas demostraron ser determinantes para la calidad de la madera, la robustez de los árboles y el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales.

Este trabajo no solo presenta soluciones técnicas, sino que también refuerza la importancia de un manejo forestal consciente, donde el desarrollo económico vaya de la mano con la protección del entorno. En un mundo donde los recursos naturales están cada vez más amenazados, esperamos que esta guía inspire un cambio hacia prácticas más sostenibles y responsables en la gestión de plantaciones forestales de *Tectona grandis* L. f.

Palabras clave: Plantación, sistemas agroforestales, teca, técnicas silviculturales

Abstract

The main purpose of this research is to contribute to the sustainable management of plantations *Tectona grandis* L. f., a species known for its exceptional wood and its contribution to environmental balance. Beyond its economic value, teak plays a crucial role in sustainability, but inadequate management can cause serious consequences, such as soil degradation and loss of biodiversity. Therefore, this research focuses on the development of a practical guide to optimize the forest use of teak without compromising natural resources. To achieve this, the study was developed in two fundamental stages. The first consisted of an exhaustive review of current management practices and their environmental implications. In the second stage, bibliographic findings were integrated with field observations, giving shape to an action-oriented guide, with specific recommendations and sustainable strategies. The results obtained highlight key practices such as crop rotation, the implementation of agroforestry systems and the use of organic fertilizers, which not only improve soil quality, but also reduce dependence on chemical inputs. Furthermore, techniques such as thinning and pruning at early stages have proven to be crucial for the quality of the wood, the robustness of the trees and the optimal use of natural resources.

This work not only presents technical solutions, but also reinforces the importance of conscious forest management, where economic development goes hand in hand with environmental protection. In a world where natural resources are increasingly threatened, we hope that this guide will inspire a change towards more sustainable and responsible practices in the management of *Tectona grandis* L. f., forest plantations.

Keywords: Plantation, agroforestry systems, teak, silvicultural techniques

1. Introducción

La Teca (*Tectona grandis* L. f.) plantada en grandes extensiones de algunos países tropicales de América Latina, Asia, África y Oceanía, abarcando alrededor de 6 millones de hectáreas. En las plantaciones se utiliza condiciones de rápido crecimiento y alta producción, a través de la utilización de espaciamientos adecuados, material genéticamente mejorado o el manejo intensivo. Las características físicas y químicas del suelo influyen directamente sobre el crecimiento de los árboles en plantaciones forestales y por supuesto en la calidad de la madera. La teca (*Tectona grandis*) es una especie originaria de Indochina que fue introducida a Ecuador en 1950, donde actualmente tiene alta demanda en el sector maderero. Existen escasos estudios locales que abordan temas de genética de poblaciones y mejoramiento en especies forestales de importancia económica en el país, lo cual es fundamental para conocer la diversidad y las relaciones entre poblaciones y fuentes de semilla, así como para identificar ejemplares que resistan condiciones adversas, ya que son los más aptos para utilizarse en la obtención de individuos con mayor productividad y rendimiento mediante herramientas biotecnológicas (Nieto *et al.*, 2013).

La teca es una madera altamente apreciada en la industria debido a su dureza y durabilidad, presenta una gran estabilidad en ambientes cambiantes, no se agrieta ni se pudre, y resiste a la acción de los hongos, xilófagos e incluso a algunos ácidos. Estas características son las que hacen posible que esta madera sea considerada como una de las más valiosas del mundo (Pazmiño, 2019).

Según Chan, 2014, la teca tiene un gran valor comercial, pues es muy apreciada y solicitada para la elaboración de finos muebles, pisos, tumbados, tallados, ebanistería en general. Antiguamente se utilizaba para la cubierta de los buques debido a su resistencia al agua marina, pero su alto precio ha limitado su uso en buques y yates a los acabados de interiores. Entre los principales destinos de las manufacturas y semimanufacturas de madera ecuatoriana se encuentran: Estados Unidos de América, los países de la Comunidad Andina de Naciones, los de la Unión Europea, algunos países de Centro América, del Caribe y Japón. Existen alrededor de 45.000 hectáreas de teca plantadas en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas (Coca, 2019), pero la provincia con mayor extensión de plantaciones se encuentra en la provincia del Guayas debido a su clima y disposición geográfica que permite un ambiente adecuado para este cultivo. En la actualidad las plantaciones de este árbol se han

incrementado debido al pronóstico de rentabilidad observado por los inversores locales y extranjeros (Pazmiño, 2019).

Armijos (2014) dicta que la producción y exportación de teca en Ecuador es una actividad económica en pleno crecimiento, en comparación con otras de este sector. A partir de 2000, los beneficios que brinda la explotación de esta especie maderable han incentivado mayor inversión por parte de empresarios privados y organizaciones. Dentro de este contexto, uno de los hitos más importantes es el de 2004, año en el que, mediante resolución del Ministerio de Ambiente, se creó la Asociación Ecuatoriana de Productores de Teca y Maderas Tropicales. Según el Banco Central del Ecuador (2017) menciona que el mercado de madera en el país ha ido evolucionando positivamente, las exportaciones crecieron continuamente entre los años 2013 – 2015, pasando de 171.299 USD a 263.452 USD respectivamente, en el año 2016 y 2017 las exportaciones reflejan una caída en términos económicos. Para el año 2017 el Ecuador se convirtió en el séptimo exportador de teca, sin embargo, aún le falta mejorar su calidad, para poder competir con los demás países exportadores. la mayor parte de las plantaciones de teca, que proceden de la provincia del Guayas específicamente en los Cantones de EL Empalme y Balzar, donde se cuenta con niveles de precipitación que oscilan entre 1,200mm y 2,000mm al año. Todas las plantaciones cuentan con muy buenos drenajes naturales, suelos de gran calidad y luminosidad gracias a la condición climática que posee la zona de cultivo (Coca, 2019).

Pero el mercado más elegido para la exportación de teca ecuatoriana es la India que cuenta con más de mil de millones de consumidores, los cuales usan esta madera en su mayoría para el revestimiento de paredes y pisos de sus hogares, además de ello la teca es utilizada en (Ortega, 2017).

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- Diseñar una guía técnica que promueva la gestión sostenible de las plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L. f.), integrando principios de manejo silvicultural, conservación de recursos naturales y optimización de la producción maderera.

2.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar estrategias para la elaboración de la guía de manejo forestal sostenible que integren técnicas como la rotación de cultivos, sistemas agroforestales y el uso de fertilizantes orgánicos y analizar las prácticas silviculturales actuales incluyendo raleos, podas y manejo de regeneración natural, para proponer mejoras que contribuyan a la sostenibilidad.

3. Objeto de Estudio y Campo de Acción

3.1. Objeto de Estudio

Elaboración de una guía técnica para la gestión eficiente y sostenible en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L. f.) (Lamiaceae).

3.2. Campo de Acción

Recopilación y análisis de información sobre las características ecológicas, silvícolas y de aprovechamiento forestal sostenible de las plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L. f.) (Lamiaceae).

3.3. Pregunta(s) de Investigación

¿Cómo diseñar una guía técnica que permita la gestión eficiente y sostenible de las plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L. f.) (Lamiaceae) enfocada en un aprovechamiento forestal responsable y productivo?

3.4. Alcance de la Investigación

Es descriptivo

3.5. Hipótesis de Investigación (si procede)

No aplica, debido a que la investigación tiene un alcance descriptivo y no se enfoca en comprobar relaciones causales ni pronosticar hechos o datos."

4. Marco referencial

4.1.Importancia de *Tectona Grandis*

La Teca (*Tectona grandis* L. f.) conocida popularmente como teca, es una especie forestal del género *Tectona*, perteneciente a la familia *Lamiaceae*, antiguamente *Verbenaceae*, nativa del continente asiático, principalmente de Indonesia, Myanmar, Tailandia, India, Malasia y la República Democrática Popular Lao. Esta especie forestal tiene una gran importancia en la economía de muchos 3 países, es muy apreciada en los mercados internacionales por su calidad maderable (De Mendoza *et al.*, 2021; Reategui-Betancourt *et al.*, 2021)

Es una de las especies más cultivada en el mundo, la superficie de teca plantada en unos 70 países tropicales se estima entre 4.4 a 6.9 millones de hectáreas, de los cuales el 80% se cultiva en Asia, el 10% en África y el 6% en los países tropicales de América. India e Indonesia representan más del 75% del área total. Aproximadamente 29 millones de hectáreas de esta especie se encuentra formando bosques naturales (Pachas *et al.*, 2019)

La Teca (*Tectona grandis* L. f.) se introdujo por primera vez en América en los años de 1913, con semillas provenientes de Birmania de la selección de los árboles de la zona. En años posteriores en 1943, llegó germoplasma de menor calidad desde la India al Caribe. En la actualidad el cultivo de teca se encuentra ampliamente distribuido en Latino América y el Caribe, desde Estados Unidos, pasando por los países de Centro América hasta la Argentina (Camino y Morales, 2013; Pereira *et al.*, 2021). En el Ecuador el primer cultivo de teca se estableció en los años de 1950 con material vegetativo proveniente de la India. en la Estación Experimental Pichilingue del INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), en la provincia de Los Ríos. Esta institución se convirtió en el principal proveedor de semillas que ha tenido el país. En la actualidad se encuentra distribuido principalmente en la zona litoral, en las provincias de Los Ríos, Guayas, Esmeraldas, Manabí, y El Oro (Zambrano *et al.*, 2021).



Imagen 1. Importancia de la *Tectona grandis*

4.2. Características de la *Tectona grandis*

Es un árbol caducifolio de tamaño grande, natural al Sudeste de Asia, en donde alcanza 45 m de altura y desarrolla un tronco con contrafuertes al llegar a la madurez. La teca es valorada no solo por su madera de alta calidad, sino también por su atractivo morfológico que la hace fácilmente identificable en el campo. Las características distintivas de sus hojas grandes, inflorescencias prominentes y corteza escamosa son claves para su identificación y manejo.

La teca, fuente de una de las maderas tropicales más valiosas y mejor conocidas, ha sido plantada extensamente para la producción de madera para la construcción naviera, muebles y carpintería en general (Weaver, 2013).

La teca es una especie pionera, pero con un ciclo de vida prolongado. En contraste con muchas otras especies pioneras, la teca tiene la capacidad de persistir y dominar, y de regenerarse naturalmente hasta alcanzar la fase clímax de la sucesión en casi toda el área de su distribución natural. Rebrotta fácilmente, y en ocasiones los rebrotes del tocón de árboles apeados constituyen un verdadero problema para el establecimiento de nuevas plantaciones (Forestal Maderero, 2018).



Imagen 2. Características de la Tectona grandis

4.3. Descripción Morfológica

La Teca (*Tectona grandis* L. f.), es un árbol decíduo o semidecíduo 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. El diámetro del tronco igualmente puede alcanzar entre los 150 a 250 cm. de DAP, en la base puede ser acanalado con pequeños contrafuertes. La corteza es blanda y las ramas son tetragonales. Hojas decíduas de 25-35 cm. de largo (plantas jóvenes tienen hojas más

grandes), alternadas y opuestas, simples. La hoja es peciolada y ovalada-lanceolada hasta ampliamente ovalada, cuneiforme en el ápice y la base, borde entero o denticulado, suavemente peludo en ambas caras de la hoja, densamente tomentosas en la cara inferior. Inflorescencia con muchas flores en racimos terminales o axilares, brácteas muy pequeñas (FUCOL, 2018).



Imagen 3. Descripción morfológica de la *Tectona grandis* L.f.

4.4. Características Edafoclimáticas para la Especie.

Los requerimientos climáticos para el cultivo de teca (*Tectona grandis* L. f.), son críticos para su desarrollo óptimo: Idealmente, la altitud ideal para su crecimiento se encuentra en un rango de 0 a 800 metros sobre el nivel del mar (msnm), acompañada de una precipitación anual que oscila entre 1.000 y 2.200 milímetros (mm), y temperaturas promedio que varían entre 22 y 28 grados Celsius (°C). Estas condiciones climáticas proporcionan el entorno adecuado para el desarrollo saludable y sostenible de la especie. (Vinueza, 2024, p. 1).

Los requerimientos edáficos prefieren los suelos arenosos o franco arenosos que estén bien desarrollados: Bien drenados y aireados, especialmente si son aluviales. También tiene capacidad de adaptación a suelos pobres y calcáreos, y se acomoda a una gran variedad de suelos con buen drenaje interno, así como en áreas con suelos arcillosos pesados (Vinueza, 2024).

La teca posee una adaptación en suelos franco-arcilloso-arenosos, con un pH de 5.0 a 8.5, aunque se desarrolla mejor con un pH de 6.5 a 7.5. Prefiere suelos con un metro de profundidad para desarrollar sus raíces y no tolera el agua estancada ni la arcilla anaeróbica. En

suelos poco fértiles presenta menor crecimiento y altura (Vargas, 2019).

Los factores que limitan el crecimiento son: Requiere suelos bien drenados y no tolera condiciones de anegamiento, compactación o pendientes pronunciadas. Además, es susceptible al daño causado por la hormiga arriera (*Atta sp.*) en plantas jóvenes y por el insecto *Membrasis c-album*, que afecta los brotes tiernos y puede inducir ramificación. La sombra excesiva y el exceso de agua también representan riesgos para el desarrollo saludable de esta especie, ya que pueden provocar pudrición de las raíces (González, 2020).

No se conviene plantar en suelos con menos de 8 ml de calcio o muy ácidos con alto contenido de hierro. Aun cuando es una especie resistente al fuego, los incendios pueden causarle daños de consideración (Vinueza, 2024).



Imagen 4. Características edafoclimáticas de la Tectona grandis

4.5.Fertilización en Plantación

La fertilización es una práctica silvicultural que representa un costo significativo en el establecimiento de plantaciones, y como tal, la respuesta de los árboles debe ser muy buena para que la práctica resulte económica. En muchos estudios esta respuesta ha sido contradictoria, por lo cual no puede recomendarse el uso de fertilizantes en forma rutinaria. El uso de los mismos dependerá en gran medida de la fertilidad del sitio, por eso, un buen estudio de suelos ayuda a tomar decisiones en este sentido. Para que la fertilización sea viable, debe realizarse a bajo costo, el fertilizante debe ser de lenta solubilidad y estar disponible varios años en el suelo y proveer el mayor número de nutrimentos, como es la roca fosfórica. El abonado puede incrementar el crecimiento, bajo ciertas condiciones, pero en general no vale la pena la inversión

si el sitio es apropiado (Fonseca González, 2015).

El crecimiento de la teca está influenciado por las tasas de nutrimentos, los sitios mejores presentan altas tasas de nutrimentos foliares de Ca, manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), K, azufre (S), zinc (Zn) y (N). Teca es exigente en bases intercambiables Ca, Mg, K y sodio (Na), especialmente Ca, mostrando mayor crecimiento en sitios donde las tasas de este elemento son altas. El 90% de los nutrientes vegetales (N, P, K, Ca, Mg y Ca) está en la hojarasca, con requisitos mínimos anuales de nutrientes a los 15 años de edad en kg/ha de: 328 (N), 76 (P), 556 (K), 357 (Ca) y 62 (Mg) (Fonseca González, 2015).



Imagen 5. Fertilización en plantación de Tectona grandis

4.6. Técnicas silviculturales

Junto con la naturaleza crecen algunos árboles jóvenes llamada regeneración natural esta actividad es muy importante porque significa que los costos se reducen y solo se tiene que proteger intensamente las plántulas en los primeros dos años, por ejemplo, contra incendios, plagas y debe hacerse el respectivo comaleo de las plantas (Guaranda, 2013).

Después de hacer la entresaca, la teca tiene la tendencia de formar ramas epicórmicas o retoños debido a la influencia de la luz del sol por estimular el rebrote de los capullos latentes en la corteza justamente por encima de las ramas podadas. El resultado es la formación de chupones suculentos. Con raleos fuertes hay una mayor tendencia de producir los chupones Es necesario eliminar los chupones porque si se dejan, formarán ramas epicórmicas y formarán pequeños nudos, que son defectos en la madera. Una manera de minimizar el efecto de los chupones es hacer las entresacas a edades tempranas, para que los nudos formados se mantengan dentro del cilindro central de las trozas punto de vista volumétrico, la madera producida durante una

entresaca cuesta aproximadamente del 40% al 50% más por metro cúbico que la madera de una tala rasa (Gonzales, 2017)



Imagen 6. Técnicas silviculturales de la Tectona grandis

4.7. Deshijas

Esta práctica silvicultural, cuando sea necesaria, consiste en la selección del eje principal y se realiza cuando los brotes alcancen 50 cm de altura. Es normal que los brotes en la base del árbol aparezcan varias veces durante los dos primeros años y se recomienda eliminarlos para disminuir la competencia.



Imagen 7. Deshijas

4.8. Raleos

El manejo de la densidad en plantaciones forestales es una actividad que se planifica para controlar la estructura, la productividad, el tamaño de los árboles y el tiempo transcurrido hasta la cosecha final, todo esto en función de la especie, de los objetivos de producción y de la calidad del sitio. En el manejo de plantaciones, la aplicación de raleos o aclareos ha sido motivo de controversia para los propietarios de las mismas, por el alto costo de la operación, por la falta o ausencia de mercado para los productos a obtener y muchas veces se cuestiona el hecho de plantar muchos árboles, con un costo altísimo y tener que eliminarlos años después. En otras ocasiones, la falta de información para aplicar esta práctica es motivo de preocupación, si se desea aplicarla en el momento oportuno y con la intensidad adecuada para maximizar el crecimiento de la especie, esta preocupación aumenta cuando se trata de especies poco utilizadas en plantación. El raleo es una operación realizada en una plantación de edad uniforme que consiste en la corta de árboles, su objetivo es redistribuir el potencial de crecimiento manteniendo el crecimiento en altura y en diámetro en niveles aceptables o mejorar la calidad de los árboles residuales (Inisefor 2017).



Imagen 8. Raleos

4.9. Podas

Esta labor se realiza a edades tempranas, cuando las ramas aún son delgadas. El objetivo es minimizar en cierto grado el tamaño de las copas y de las ramas laterales para mejorar la calidad y el aspecto de la madera y en consecuencia su valor, con madera libre de nudos para

aserrío y chapa. La poda debe realizarse a ras del tronco, sin causar heridas u otros daños. Generalmente se hace con herramientas convencionales como machete y sierras manuales, actualmente se están usando motosierras y podadoras con varas telescópicas, especialmente útiles para ramas gruesas y cuando la poda debe realizarse a mayor altura. Se aplica a los mejores árboles después del raleo, podando hasta un tercio de su altura o máximo al 50% de su copa viva y se cortan solo las ramas que el árbol no puede eliminar por sí mismo; aunque la teca en densidades normales presenta buena poda natural (Fonseca González, 2015).



Imagen 9. Poda

4.10. Sistema Agroforestal

La agroforestería consiste en combinar árboles y arbustos en áreas agrícolas. Es un sistema de manejo de la tierra que maximiza los rendimientos generales, combina cultivos con especies forestales y animales en la misma superficie, y se maneja usando prácticas que son culturalmente compatibles con la gente existen tres sistemas que comprende la agroforestería. (Zambrano *et al.*, 2018).

Uso de la teca en cercas vivas esta es una práctica común en los sistemas agroforestales. Consiste en hileras de árboles plantados para demarcar los límites de una propiedad o su zonificación interna. La técnica facilita la plantación de una o más hileras de árboles en paralelo a lo largo de una cerca o línea de propiedad. Este diseño nos permite utilizar el espacio en el área de cultivo sin comprometer la producción de los cultivos que queremos sembrar. También en el caso de las vallas, el tronco del árbol sirve de soporte al que se sujetan varios alambres de púas o alambres de púas lisos (Barrantes 2016).



Imagen 10. Sistema Agroforestal

4.11. La Silvicultura en Plantaciones Forestales.

“La plantación es una de las actividades silvícolas más caras y, por ende, las decisiones silvícolas para realizarlas deben ser las más adecuadas, de lo contrario, el costo para corregir estas deficiencias será muy caro” (Salas, 2023).

Por ahora, solo se menciona que una de las ventajas que ofrece la plantación sobre la regeneración natural es la posibilidad de controlar la densidad, en número de árboles por hectárea, lo que puede redundar en una mayor producción de árboles con características de forma, tamaños y calidad adecuados. En cuanto a la aplicación de la silvicultura en plantaciones forestales, se puede decir que, el hecho de tener masas de árboles de la misma especie y edad, generan una sintetización al momento de la planeación y ejecución de las diversas actividades silvícolas, tales como: aclareos, control de malezas, plagas y enfermedades, y la corta final (Donoso *et al.*, 2018).



Imagen 11. Plantación de Tectona grandis

5. Materiales y Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica total para recopilar información sobre el manejo de plantaciones de *Tectona grandis* L. f., y prácticas forestales sostenibles y productiva.

La metodología propuesta para este proyecto de investigación se basó en los objetivos planteados, los cuales buscan diseñar una guía técnica para la gestión sostenible de plantaciones de *Tectona grandis* L. f., analizar prácticas silviculturales actuales, y proponer medidas que optimicen el aprovechamiento maderero. Inicialmente, se recopiló información sobre técnicas de manejo sostenible, incluyendo raleos, podas y regeneración natural, así como estrategias de manejo forestal integrado, como rotación de cultivos, sistemas agroforestales y el uso de fertilizantes orgánicos para mejorar la calidad del suelo y reducir la dependencia de insumos químicos. Posteriormente, se evaluaron las prácticas silviculturales vigentes con el fin de identificar oportunidades de mejora en términos de sostenibilidad y optimización de la producción maderera.

Con base a estos aciertos, se desarrolló una guía técnica orientada a la conservación y mejora del ecosistema, asegurando la regeneración natural, la biodiversidad y el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales. Esta guía se fundamentó en hallazgos científicos y en buenas prácticas de manejo forestal sostenible, recomendaciones detalladas y estrategias adaptadas a las condiciones específicas de las plantaciones de *Tectona grandis* L. f., con el propósito de optimizar su gestión y fomentar prácticas responsables que contribuyan al equilibrio ecológico y a la productividad a largo plazo.

A continuación, se describe la metodología en función de los objetivos:

Diseñar una guía técnica que promueva la gestión sostenible de las plantaciones de Teca

- Enfoque general: Se estableció un diseño metodológico que combine investigación bibliográfica con el fin de diseñar una guía técnica para la gestión sostenible de las plantaciones de Teca *Tectona grandis* L. f.
- Integración de datos: Se integraron los hallazgos de la revisión bibliográfica para identificar las mejores prácticas sostenibles, como la rotación de cultivos, la implementación de sistemas agroforestales, y el uso de fertilizantes orgánicos.
- Análisis comparativo: Se compararon las prácticas observadas con las recomendaciones científicas y técnicas disponibles en la literatura, identificando áreas de mejora y posibles ajustes para optimizar la sostenibilidad.

Desarrollo de estrategias para la guía de manejo forestal sostenible:

- Identificación de estrategias sostenibles: Se seleccionaron prácticas de manejo como rotación de cultivos, implementación de sistemas agroforestales y uso de fertilizantes orgánicos.
- Diseño de la guía: Se diseñó una guía práctica que incluya pasos detallados para la implementación de las prácticas sostenibles, con énfasis en la optimización del crecimiento de los árboles y la conservación de los recursos naturales.
- Recopilación de información: Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva de las prácticas silviculturales actuales en plantaciones de Teca *Tectona grandis* L. f. incluyendo raleos, podas, manejo de regeneración natural, y otras técnicas aplicadas en diferentes regiones.

5.1. Ubicación del área

5.2. La plantación se encuentra ubicada a 4,60 km desde el centro de la ciudad de Jipijapa, por la avenida universitaria, puntualmente en el noreste de Jipijapa, cantón ubicado al sur de la provincia de Manabí.

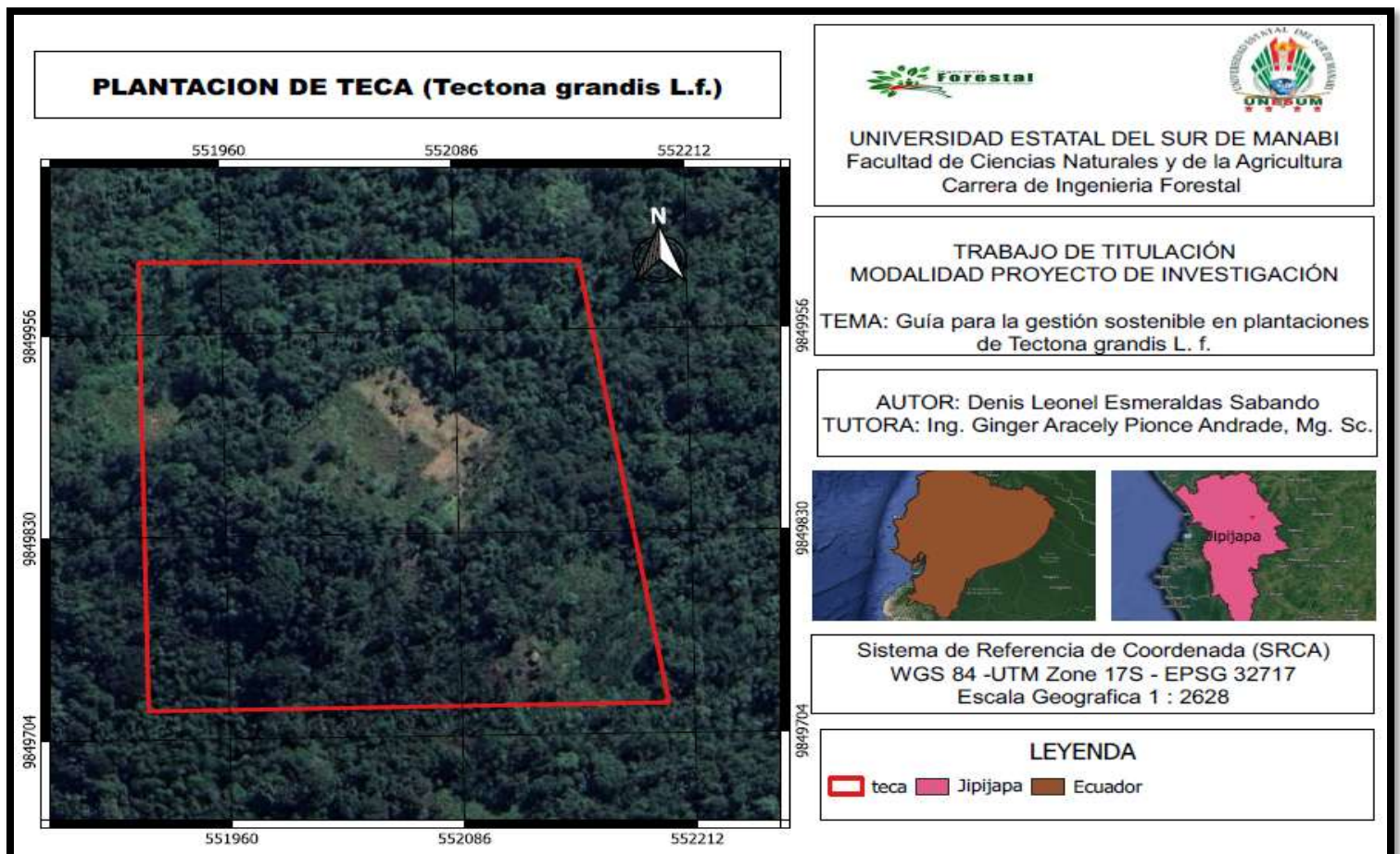


Imagen 12. Elaboración del mapa

5.2.1. Clima

La teca *Tectona grandis* L. f. tolera una gran variedad de climas, pero crece mejor en condiciones tropicales moderadamente húmedas y calientes. Gran parte del área de distribución natural de la teca *Tectona grandis* L. f. se caracteriza por climas de tipo monzonal, con una precipitación de entre 1300 y 2500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses. La teca *Tectona grandis* L. f. tolera grandes variaciones de temperatura, que varían entre 2 y 48 °C.

5.2.2. Topografía

El terreno es ligeramente ondulado, con pendientes mínimas de 0,25 %, la máxima de 31,96 % y la media es de 10,84 %.

5.2.3. Altitud

La altura mínima es de 168,11 msnm (metros sobre el nivel del mar), la máxima de 639,88 msnm y la altura media oscila alrededor de los 351,04 msnm.

5.2.4. Flora

Se logro identificar 40 especies maderables, pertenecientes a 15 familias arbóreas y la más representativa fue la Fabácea, en cuanto a las recolecciones de muestras botánicas fueron en un mismo número. Para la conservación de especies se encontraron 10 árboles maderables en el sector, como son: Guayacán trébol (*Platymiscium pinnatum*), Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*), Cedro (*Cedrela odorata*), Laurel de rio (*Nectandra acustifolia*), Frijolillo (*Plythecellobium arboreum*), Laurel blanco (*Cordia alliodoraa*), Guacharaco (*Cupania cinerea*), Mamey (*Pouteria sapota*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Pechiche (*Vitex gigantea*), así mismo en relación al tamaño de los árboles se obtuvieron 28 pequeños, 10 medianos, uno grande y uno muy grande.

5.2.5. Fauna

Los bosques secos en general son de fauna variada, según el continente en el que se encuentren. Las especies que predominan son: roedores, monos, aves, reptiles, anfibios y artrópodos como mosquitos, escarabajos, alacranes, arañas y chinches, pero el común denominador es el ciervo (venado).

Los bosques secos, por su carencia de agua, sirven como puente migratorio de diferentes especies, sobre todo de aves que vuelan hacia otros lugares para proveerse del alimento necesario para su supervivencia.

5.3. Principios de manejo forestal sostenible

De acuerdo con el acápite 13 del Artículo 4 de la Ley Forestal Núm. 57-18 el Plan de Manejo Forestal “Es el documento técnico que cumple con los requisitos de la presente ley, el cual contiene el conjunto de acciones y procedimientos que tiene por objeto el ordenamiento de un predio para el logro del manejo forestal sostenible, y que incluye las actividades de cultivo, protección, conservación, restauración y aprovechamiento de los recursos, de tal manera que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forma parte”(Romero y Orduz, 2016).



Imagen 13. Manejo forestal sostenible en la Tectona grandis L.f.

5.4. Planificación del Aprovechamiento Forestal

La planificación general del aprovechamiento es fundamental para establecer el marco general, de manera que puedan aplicarse prácticas sostenibles de aprovechamiento, y para conciliar la necesidad de un control técnico más estricto durante las operaciones de aprovechamiento con la de reducir su costo. Son muchos los concesionarios de la explotación maderera que creen que la protección del medio ambiente comporta necesariamente medidas muy costosas que les llevarán al borde de la bancarrota. Pero esto no es cierto, como se desprende de la experiencia de quienes han elaborado planes de aprovechamiento completos y han realizado las operaciones según se especifica en ellos (FAO, 2018).



Imagen 14. Planificación del Aprovechamiento Forestal de Tectona grandis L.f.

5.5. Reforestación y Restauración

Una plantación de restauración también contempla una gran diversidad de especies. Cuando se decide restaurar mediante la introducción de especies se le conoce como restauración activa o intervención máxima. Sin embargo, en ocasiones algunos ecosistemas tienen áreas en buen estado de conservación, por tanto, el establecimiento de las prácticas de restauración se reduce a eliminar o detener los agentes que han causado la degradación en las áreas a restaurar, permitiendo que suceda el proceso de sucesión ecológica que es la recuperación natural de un ecosistema (INECOL, 2020).



Imagen 15. Reforestación y Restauración de la Tectona grandis L.f.

6. Resultados

Los resultados del estudio sobre la gestión sostenible en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L. f.) revelaron varios aspectos importantes para el manejo eficiente de esta especie. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

6.1. Crecimiento y Producción

Salcedo *et al.*, (2014) y Ruiz (2016), revelaron que las propiedades físicas (textura, densidad aparente y humedad) y químicas (pH, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica) edáficas, revierten de mayor importancia en el crecimiento del árbol. De Camino y Morales (2013) indicaron que a menudo se originan incrementos en altura de 3 m o más en los dos primeros años, siendo muy acelerado en las primeras etapas el crecimiento en altura del árbol de Teca (*Tectona grandis* L. f.), a los 5 años no es extraño encontrar árboles con alturas desde 5 a 15 m, favoreciendo rápidos incrementos en área basal y volumen; sin embargo, desde los 15 a 20 años el incremento en altura y volumen tiende a desacelerar sustancialmente.

González-Martínez *et al.*, (2013) evaluaron un sistema agroforestal de 5 años integrado por Teca (*Tectona grandis* L. f.), donde reportaron alturas promedio de 10.6 m y diámetros de 12 cm. Cortez (2011), en rodales de Teca a siete años establecidas en Michoacán obtuvo 11.52 m de altura promedio; diámetros promedios de 14.5 cm. Los árboles de Teca (*Tectona grandis* L. f.) a los 10 meses presentaron mejor respuesta de 288 en altura y 4.7 cm en diámetro, con tratamiento de 50 g del fertilizante N-P-K de 17-34-30 (Ypushima Pinedo *et al.*, 2022).

Los árboles de Teca (*Tectona grandis* L. f.) en los primeros 3 años se desarrollan en altura de 2.8 a 3.6 m año⁻¹ y crecen en diámetro de 2.9 a 3.7 cm año⁻¹, los siguientes 3 años disminuye en altura hasta 1.7 m y crece en diámetro 2 cm año⁻¹ y a partir del noveno año bajan en altura hasta 1 m año⁻¹ y en diámetro hasta 1.5 cm. Se reporta que en suelos nuevos y con precipitación por encima de 1500 mm hubo mejor desarrollo (Ypushima Pinedo *et al.*, 2022).



Imagen 16. Crecimiento de la (*Tectona grandis* L. f.)

6.2. Calidad del Suelo

Aunque la calidad del suelo no se puede medir directamente, sí puede ser evaluada mediante la observación de los cambios inducidos en los atributos del suelo que se desean estudiar. Diversos estudios han analizado la calidad del suelo utilizando múltiples indicadores, pero sólo unos pocos han utilizado los resultados obtenidos para establecer un índice de calidad del suelo (Acevedo Araque, 2015). Tradicionalmente los trabajos realizados en calidad de los suelos se han focalizado en sus características físicas y químicas, aunque recientemente las características biológicas también han sido reconocidas como indicadores de calidad y salud de los suelos (Bhardwaj *et al.*, 2011; Rongjiang *et al.*, 2013).

Para evaluar la calidad del suelo se han planteado dos enfoques: la evaluación comparativa y la evaluación dinámica en las propiedades de los suelos; estos estudios se llevan a cabo a partir de diferentes tipos de muestreo en campo. En una evaluación comparativa, como la que se plantea en el presente estudio, los análisis estadísticos multivariados han sido empleados con éxito en la identificación y selección de indicadores de calidad del suelo con los que se llega a un Conjunto Mínimo de Datos (CMD) para su evaluación (Chen *et al.*, 2013; Rongjiang *et al.*, 2013).

En esta investigación se emplearon análisis de regresión lineal, de componentes principales y de factor, para definir el CMD. En Teca, como en otros sistemas productivos forestales, el concepto de calidad empleado para definir el potencial productivo de un determinado lugar, ha estado vinculado directamente con los parámetros de crecimiento de la plantación, a los que se les asocian consideraciones sobre factores edáficos, fisiográficos y climáticos. Con la información obtenida de las mediciones se desarrollan modelos de Índices de Sitio y productividad que establecen la calidad del sitio forestal y que definen, de manera indirecta, como es la capacidad productiva de los suelos (Acevedo Araque, 2015).



Imagen 17. Calidad del Suelo

6.3. Prácticas de Manejo

Se identificaron que las prácticas como la rotación de cultivos, sistemas agroforestales y el uso de abonos orgánicos son esenciales para la sostenibilidad de las plantaciones. Estas prácticas mejoran la estructura del suelo y reducen la necesidad de fertilizantes químicos. La poda y el raleo, realizados en etapas tempranas, mejoraron la calidad de la madera y redujeron la competencia por recursos, resultando en árboles más robustos y sanos.



Imagen 18. Prácticas de Manejo (*Tectona grandis* L. f.)

6.3.1. Raleo

La corta parcial de árboles en rodales inmaduros se conoce como raleo.

En el momento de la plantación, los rodales tienen una densidad que puede variar entre los 1000 y 3000 árboles por hectárea, mediante los raleos se disminuye gradualmente esta densidad para así obtener de 150 a 300 árboles por hectárea en el momento de corte (Carbo, 2011).

En los raleos se trata de combinar los beneficios de un espaciamiento reducido con un desarrollo óptimo para los árboles. El desarrollo óptimo se refiere al rendimiento económico de las plantaciones, sin embargo, puede haber otros criterios, como la protección contra la erosión o la regulación de afluentes. La producción volumétrica de los árboles en un determinado sitio se puede considerar como constante, a no ser que el espaciamiento sea muy amplio o reducido, para lo cual se pueden efectuar los raleos de tal manera de que esta producción se distribuya sobre el número óptimo de árboles., por consiguiente se puede controlar la calidad y cantidad de la corta final mediante el raleo (Carbo, 2011).

Los raleos tienen como finalidad disminuir la densidad para aumentar el crecimiento

diametral. Sería lógico que dependiendo de las condiciones existentes en un determinado país, se aplique un número mínimo de raleos pero con diferentes intensidades, con lo cual se dispondría de información que permita seleccionar la opción técnico- económica que permita bajar los costos de la explotación por unidad de volumen; por consiguiente es pertinente un raleo no comercial (sin beneficios económicos) y los raleos comerciales dependerán de la productividad de la plantación, la accesibilidad y tamaño de los productos forestales demandados en el mercado. Existen varios métodos de raleo: raleo ascendente, raleo descendente, raleo selectivo, raleo mecánico, pero todos los tipos de raleos intervienen de manera distinta en la altura y el diámetro de la plantación restante (Carbo, 2011).



Imagen 19. Raleo de (Tectona grandis L. f.)

6.3.1.1. Tipos

6.3.1.2. Raleo ascendente

En este tipo de raleo se cortan los árboles oprimidos y los intermedios, dejando los árboles dominantes y codominantes. Durante la operación se eliminan primero todos los árboles de una clase, por ejemplo, los oprimidos antes de iniciar la corta de la siguiente clase.



Imagen 20. Raleo ascendente de (Tectona grandis L. f.)

6.3.1.3. Raleo descendente

En raleos descendentes se cortan los árboles de las clases dominantes y codominantes para favorecer el crecimiento de árboles intermedios y oprimidos vigorosos, y se pone especial énfasis en la clase codominantes.



Imagen 21. Raleo descendente de (Tectona grandis L. f.)

6.3.1.4. Raleo selectivo

Para este método de raleo se cortan los árboles de la clase dominante para estimular el crecimiento de los árboles codominantes, intermedios y oprimidos vigorosos.

6.3.1.5. Raleo sistemático

En este tipo de raleo no se toma en cuenta la clase de árboles, sino que se cortan en hileras o por áreas preestablecidas, puede ser selectivo o no selectivo. En el selectivo se dejan algunos de los mejores árboles en las hileras o áreas mientras que en el no selectivo se cortan todos los árboles.

El método de **raleo mecánico** se utiliza sobre todo en plantaciones jóvenes y uniformes, por lo general está destinado a eliminar arboles no comerciales.



Imagen 22. Raleo mecánico de (Tectona grandis L. f.)

6.3.2. Poda

De acuerdo con la experiencia y las observaciones realizadas en el manejo de cultivos forestales con la especie Teca (*Tectona grandis* L. f.), se considera que una de las principales actividades de manejo como es la poda, en la mayoría de los casos es aplicada de forma inadecuada causando preliminarmente daño a los árboles y segundo, sin dejar de ser prioritario, un desgaste económico al productor (FORESTAL MADERERO, 2021).

Este documento técnico se elabora para apoyar dicha práctica, considerando que una gran parte de los productores simplemente consideran que la poda es una práctica cotidiana e indispensable en sus cultivos y la asumen sin tener en cuenta la normal estructura de la especie y la forma que han desarrollado los árboles específicamente para cada cultivo (FORESTAL MADERERO, 2021).

Si bien es cierto es una especie extremadamente sensible a la emisión de rebrotes, chupones o nuevas ramas, también es cierto que, conociendo algunos aspectos, se pueden realizar podas adecuadas o evitar otras que causan mayor emisión de chupones minimizando así el crecimiento normal del cultivo (FORESTAL MADERERO, 2021).



Imagen 23. Poda de (*Tectona grandis* L. f.)

6.3.2.1. Tipos de poda

Poda de formación Se realiza durante los primeros años y sirve para que el árbol tome una estructura de ramas principales fuertes y bien distribuidas. Así como para levantar la copa a la altura deseada. (Pérez, 2015) Los tres objetivos que se persiguen con la poda de formación son:

- Situar a una determinada altura del suelo la copa del árbol.
- Formar una estructura de ramas sólida y éstas bien distribuidas alrededor del tronco.
- Algunas especies de árboles se pueden conducir hacia formas artificiales: formas talladas, emparrado, en pirámide, cónica, cortina, marquesina, etc. Estas formas requerirán en el futuro más poda de mantenimiento o recorte que las formas naturales. (Pérez 2015).



Imagen 24. Tipos de poda de (Tectona grandis L. f.)

6.3.2.2. Poda de mantenimiento

Una vez que el árbol este bien formado, es decir, con la copa a una cierta altura y con sus ramas estructurales principales y secundarias correspondientes, habrá que hacer poda de mantenimiento durante toda la vida del ejemplar. En árboles ornamentales no es imprescindible cada año, sino cada dos o tres. En frutales sí se debe hacer anualmente (Pérez 2015).

6.3.2.3. Podas excepcionales

Se llaman podas excepcionales a las podas severas que tienen por objetivo reducir el volumen de la copa de los árboles.

Hay dos tipos:

- **Terciado:** consiste en cortar todas las ramas dejando aproximadamente un tercio de su longitud.
- **Desmochado:** es más salvaje e injustificado todavía que el terciado. Se trata de cortar las ramas a ras del tronco.

Cortes en árboles de Teca (*Tectona grandis*)



Imagen 25. Podas excepcionales

6.3.3. Manejo de rebrotes y de la regeneración natural

La especie tiene buena capacidad de rebrote, por lo que después de una corta total se ahorran los costos de plantación. En plantaciones después de raleadas, el crecimiento acelerado que muestran los rebrotes produce competencia a los árboles que quedan en pie. Su eliminación ha sido objeto de estudio, llegando a obtener hasta un 83% de efectividad, independientemente de la época lunar (creciente y menguante), al utilizar una mezcla de herbicidas: Aminacop 72% dosis de 2-4D + tordón 101 + piclorán, tres onzas por bomba de espalda de 16 litros (Pérez, 2015).

En la India, Myanmar y Tailandia, en el manejo de bosques naturales se ha utilizado el tratamiento de monte bajo con diferentes sistemas adecuados a las condiciones locales, particularmente en los bosques donde los árboles no alcanzan gran tamaño por la excesiva aridez u otras deficiencias de la estación. Un ejemplo es el sistema de “monte bajo con resalvos”, en el que se seleccionan de 25 a 50 árboles/hay se mantienen como árboles seminales, los sitios libres de malezas y con buen sol (Pérez, 2015).



Imagen 26. Regeneración natural de (Tectona grandis L. f.)

6.3.4. Fertilización

Una especie forestal exótica importante para las PFC en México es la Teca (*Tectona grandis* L. f.), la cual se ha adaptado bien en regiones de los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Michoacán y Nayarit, pero las experiencias sobre su establecimiento rara vez han sido documentadas. La información sobre el establecimiento de PFC con teca es relevante para ayudar a nuevos plantadores u organizaciones interesados en cultivar la especie y favorecer al sector forestal. El establecimiento de PFC con especies exóticas combinado con áreas de amortiguamiento para la conservación de especies nativas, es una estrategia importante para conservar el paisaje y aprovechar íntegramente el potencial del suelo (Brockerhoff *et al.*, 2013).

Dos aspectos que hacen viable el establecimiento de PFC con teca, en escalas pequeña y grande, son su tasa de crecimiento alta y la calidad de su madera (Langenberger y Liu, 2013). En la India, el uso principal de la teca es para construcción de barcos y muebles finos (Husen y Pal, 2003). Aunque en México la introducción de teca a nivel comercial es reciente, ya se cuenta con un modelo para cuantificar su productividad (TamaritUrias *et al.*, 2014).



Imagen 27. Fertilización

6.3.5. Control Plagas y enfermedades

La Teca (*Tectona grandis* L. f.), se informa de ataques continuos pero leves de *Rabdopterus* sp. y *Walterianella* sp. (*Chrysomelidae*, *Coleoptera*), así como brotes del “esqueletizador de la teca” *Hyblaeapuera* (*Hyblaeidae*, *Lepidoptera*) (EJECUTIPS, 2019).

Grandes larvas de satúrnidos producen severas defoliaciones en forma esporádica; por ejemplo, *Arsenura armida* en *Bombacopsis quinatum*, *Automeris* spp. y *Rothchildia lebeau* en

Hieronyma alchorneoides y Eacles imperialis decoris en G. arborea. Se han reportado brotes causantes de defoliaciones totales en V. guatemalensis por larvas de Heterocampa sp. y Caviria sp., del orden Lepidoptera y las familias Nodontodidae y Lymantridae, respectivamente (EJECUTIPS, 2019).

En plantaciones de Teca mayores de 7 años, en las regiones húmedas (precipitaciones anuales superiores a los 2500 mm), se ha observado un proceso de mortalidad de árboles aislados y en grupos, denominado el “Síndrome del Decaimiento Lento de la Teca” Los árboles afectados presentan la degeneración de las raicecillas adventicias que produce la muerte de las mismas. Estudios recientes indican que el fenómeno está asociado a factores climáticos y edafológicos que afectan el sistema radical y posteriormente, patógenos oportunistas aprovechan la condición de estrés para atacar. Los sitios más afectados presentan de 190 a 255 días con lluvia, exceso de agua entre 8 y 12 meses, precipitación media anual entre 2700 y 5000 mm (EJECUTIPS, 2019).



Imagen 28. Brotes del esqueletizador de la *Tectona grandis* L. f.

Con respecto a las plagas, para América Tropical, Arguedas *et al.*, (2013) reportan 53 especies de insectos, 34 de patógenos, 2 vertebrados y 4 muérdagos que afectan la *Tectona grandis* L. f. En plantaciones recién establecidas, las plagas pueden causar disminución del área foliar y, por ende, disminución del crecimiento. Entre las principales plagas causantes de estos daños se encuentran el *Rhabdopterus* sp. (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*, *Eumolpinae*) y la roya de la teca, causada por el patógeno *Olivea tectonae* J.L. Mulder.

Las especies de *Rhabdopterus* son polífagas; los adultos se alimentan de follaje de la teca por lo que producen perforaciones características en forma elongada y curva (Arguedas *et al.*, 2013). Estas especies poseen hábitos alimenticios nocturnos y los ataques están relacionados con la dominancia de gramíneas en el sitio, ya que las larvas se alimentan de sus raíces (Arguedas *et al.*, 2013).



Imagen 29. *Rhabdopterus sp.*

Por otra parte, *Olivea Tectonae* afecta el follaje de la teca desde su estado de plántulas en el vivero hasta árboles adultos. En estos últimos, las hojas afectadas son las más viejas, especialmente las de las partes bajas. Las afectaciones pueden provocar deshoja prematura y reducción de las tasas de crecimiento esperadas (Arguedas *et al.*, 2013). Esta enfermedad ha sido reportada en toda Asia; sin embargo, durante los últimos años se ha presentado en plantaciones de *T. grandis* en América desde el sur de México hasta Ecuador, Brasil y el Caribe (Mesquita *et al.*, 2016).

Para el ataque de *Olivea Tectonae*, se demostró que es un patógeno que puede afectar a su hospedero en etapas juveniles (entre 6 y 12 meses de edad), como lo indican Arguedas *et al.*, (2013) para la región neotropical americana. En ambas mediciones (diciembre de 2016 y junio de 2017), en la Mitad de la Copa Inferior (MCI), la incidencia osciló entre 90 - 100%, mientras que en la Mitad de la Copa Superior (MCS), la incidencia osciló entre 0 - 29%. Para los parámetros de medición de severidad en MCS, los valores de la segunda medición (junio del 2017) son iguales o inferiores a los de la primera medición (diciembre del 2016), debido a que los árboles más jóvenes son más susceptibles a la enfermedad. En el caso de la severidad en MCI, sucede lo contrario, los valores de la segunda medición son superiores a los de la primera,

lo que indica que la severidad del ataque aumentó con el tiempo y en mayor proporción en las hojas maduras (Arguedas *et al.*, 2019).



Imagen 30. Ataque de la *Olivea Tectonae*

Los altos valores de incidencia encontrados para *Olivea Tectonae* a los 6 meses de edad concuerdan con lo reportado en plantaciones jóvenes en Brasil. Sin embargo, los resultados encontrados por estos autores fueron en plantaciones de 3 a 7 años de edad. Lo anterior indica que para las plantaciones de Teca la enfermedad es de rápida diseminación y avanza indistintamente de la cobertura presente en el suelo. Se confirma que ambas plagas se presentan en edades tempranas, lo que podría afectar el crecimiento, tal como reporta. Además, diferencias entre las 2 partes de la copa evaluadas, sugieren que el no controlar la enfermedad podría aumentar los niveles de severidad del ataque sufrido (Arguedas *et al.*, 2019).

Los cultivos de cobertura tienen el potencial de disminuir el uso de productos químicos tanto para el control de arvenses como para el control de plagas a través de un establecimiento en campo exitoso y promoviendo un incremento de enemigos naturales. No obstante, a nivel general, no se reportan estudios científicos del uso de coberturas vegetales en plantaciones forestales y hay escasa información sobre el efecto de cultivos de cobertura en el comportamiento de plagas en cultivos agrícolas (Arguedas *et al.*, 2019).

Schipanski *et al.*, (2014) indicaron que específicamente en el campo de las plagas existen incertidumbres en la estimación de los efectos de esta práctica en la dinámica insectos-plaga. en cultivos de hortalizas, tampoco encontró relación entre coberturas y el comportamiento de las plagas estudiadas, pero indica que promueven el crecimiento de poblaciones de parasitoides de dichas plagas.



Imagen 31. Problemas fitosanitarios

En el caso de cultivos de la palma aceitera, Giller y Fairhurst (2012) en Malasia y Arango *et al.*, (2011) en Colombia, indican que las coberturas de leguminosas reducen la incidencia de plagas y de insectos vectores de importantes enfermedades, ya que este tipo de coberturas controla el desarrollo de malezas de gramíneas, en las cuales estos insectos pasan parte de su ciclo de vida. Al respecto, hay que mencionar que, en estado larval, las especies de *Rabdopterus* se alimentan de las raíces más finas de gramíneas (Arguedas *et al.*, 2013).



Imagen 32. Plagas

7. Discusión

La gestión sostenible de las plantaciones de *Tectona grandis* L. f., presenta varios desafíos y oportunidades, los cuales han sido abordados desde diferentes perspectivas en la literatura científica y técnica.

7.1. Análisis del Manejo Silvicultural

La silvicultura en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L. f.), requiere un enfoque integral que considere diversos factores para maximizar la producción y asegurar la sostenibilidad. Durante el análisis de la práctica de raleos, se observó que las entresacas a edades tempranas son esenciales para minimizar la formación de chupones y defectos en la madera, ya que estos tienden a formar nudos que reducen la calidad del producto final.

La selección del eje principal y la eliminación de brotes a los 50 cm de altura son prácticas críticas en la deshija, ya que ayudan a reducir la competencia y promueven un crecimiento más uniforme de los árboles.

7.2. Impacto Económico y Ambiental de los Raleos

Los raleos, aunque son una práctica controversial debido a su alto costo y la falta de mercado para los productos intermedios, son cruciales para mantener un crecimiento balanceado en diámetro y altura. Redistribuir el potencial de crecimiento mediante raleos adecuados permite no solo mejorar la calidad de los árboles residuales, sino también optimizar el uso del espacio y los recursos en la plantación.

Los raleos permitieron la obtención de madera en distintas etapas del ciclo de crecimiento, generando ingresos antes de la cosecha final. Esto mejora el flujo de caja de los productores, especialmente cuando se realizan raleos comerciales.

Los raleos bien planificados contribuyeron a mantener árboles más sanos y vigorosos, lo que disminuye la vulnerabilidad de la plantación frente a plagas y enfermedades. Al mejorar la productividad de las plantaciones, se reduce la presión sobre los bosques naturales, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad. La eliminación de árboles en exceso permitió una redistribución más eficiente de los recursos del suelo, mejorando su estructura y capacidad de retención de agua.

7.3. Mejora de la Calidad de la Madera a través de Podas

Las podas, que se realizaron en las primeras etapas de crecimiento cuando las ramas aún son delgadas, es vital para minimizar el tamaño de las copas y las ramas laterales, lo que resulta en madera de mayor calidad libre de nudos. La utilización de herramientas convencionales y modernas para la poda, como motosierras y podadoras telescópicas, asegura cortes precisos que no dañen el tronco, promoviendo así la sanidad y el valor comercial de la madera.

Las podas se realizaron con herramientas adecuadas y en el momento correcto para evitar heridas profundas que puedan provocar infecciones o la emisión excesiva de brotes no deseados. Las podas controladas reducen la competencia por recursos entre ramas, lo que permite que el árbol concentre su energía en el desarrollo del tronco principal. Esto también minimiza el riesgo de roturas y mejora la resistencia frente a plagas y enfermedades.

7.4. Comparación con Estudios Previos

Los resultados obtenidos en esta investigación se compararon con los estudios de Arriel *et al.*, (2021) y Reategui-Betancourt *et al.*, (2021), que también abordan la caracterización y manejo de clones de Teca (*Tectona grandis* L. f.). La congruencia o discrepancia de los datos puede proporcionar una perspectiva más amplia sobre las prácticas de manejo y sus implicaciones.

La investigación respalda el uso de sistemas agroforestales como estrategia para promover la sostenibilidad, lo cual es coherente con estudios anteriores que subrayan los beneficios ambientales y económicos de combinar cultivos agrícolas con árboles forestales. Investigaciones como las de Zambrano *et al.*, (2018) coinciden en que la agroforestería mejora la estructura del suelo, reduce la erosión y promueve la biodiversidad.

Los resultados del estudio coinciden con investigaciones que resaltan la importancia del raleo y la poda para mejorar la calidad de la madera y optimizar el crecimiento. Otros estudios, como los de Fonseca González (2015) e Inisefor (2017), también destacan la eficacia de estas prácticas en reducir la competencia entre árboles y favorecer un crecimiento saludable.

7.5. Impacto Ambiental

Un aspecto importante de la discusión es el impacto ambiental del manejo de Teca (*Tectona grandis* L. f.). La investigación demostró que prácticas inadecuadas pueden llevar a la degradación del suelo y pérdida de biodiversidad. Este hallazgo coincide con los estudios de Zambrano *et al.*, (2021), quienes investigaron el efecto de diferentes concentraciones de

etilmetanosulfonato en semillas y plántulas de teca.

7.6. Sostenibilidad y Prácticas de Manejo

La guía elaborada propone prácticas sostenibles que buscan mitigar los impactos negativos identificados. La comparación de estas prácticas con las recomendaciones de expertos como Noboa (2010) y Pazmiño (2019) es esencial para validar su eficacia y aplicabilidad en diferentes contextos geográficos y climáticos.

7.7. Limitaciones del Estudio

Es importante reconocer las limitaciones del estudio, como la dependencia de datos secundarios y la variabilidad en las condiciones ambientales que pueden afectar la generalización de los resultados. La falta de estudios longitudinales que evalúen el impacto a largo plazo de las prácticas de manejo también es una limitación significativa.

Necesidad de Mayor Evaluación Económica: Aunque se mencionan los beneficios económicos de las prácticas silvícolas, se carece de un análisis financiero detallado que cuantifique los costos y beneficios a lo largo del tiempo.

Estas limitaciones indicaron áreas donde futuras investigaciones podrían profundizar, mejorando la comprensión sobre la gestión sostenible de plantaciones de teca en distintas condiciones.

Ausencia de Ensayos Controlados sobre Plagas y Enfermedades: Si bien se identifican algunas plagas relevantes, la investigación no incluye ensayos detallados para determinar la efectividad de las medidas preventivas o de control.

8. Conclusiones

- La investigación ha demostrado que la aplicación de técnicas de manejo forestal adecuadas, como el raleo, la poda y la fertilización, es esencial para optimizar el crecimiento y la producción de *Tectona grandis* L. f., mejorando la calidad de la madera y reduciendo la competencia entre árboles. Asimismo, el manejo sostenible de estas plantaciones desempeña un papel clave en la minimización de impactos ambientales negativos, contribuyendo a la conservación del ecosistema forestal. La gestión adecuada de los residuos y el uso de fertilizantes orgánicos favorecen *Tectona grandis* L. f.

9. Recomendaciones

Se recomienda desarrollar e implementar un programa integral de capacitación continua para agricultores y trabajadores forestales, enfocado en las mejores prácticas de manejo sostenible de *Tectona grandis* L. f.. Este programa debe incluir formación en técnicas silviculturales como raleos, podas, manejo de regeneración natural, así como en el uso de fertilizantes orgánicos y sistemas agroforestales. Además, es fundamental promover la investigación y la colaboración entre instituciones académicas y organizaciones forestales para mejorar la gestión de plagas, enfermedades y la calidad de la madera, asegurando así la sostenibilidad a largo plazo de las plantaciones.

10. Referencias bibliográficas

- (n.d.). *BALSA (Och r oma pyr amidale)*. 400, 1–12.
- Acevedo Araque, N. J. (2015). *Indicadores de calidad del suelo en el cultivo de la Teca (Tectona grandis Linn, F) en la región de San Onofre, Sucre*. 106.
<http://www.bdigital.unal.edu.co/50878/>
- Altamirano Vásconez, D. D. (2015). *Plan de Negocios para la Exportación de muebles artesanales de madera hacia los Estados Unidos (Nueva York) para el año 2.015*.
<http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/775/1/T-UIDE-1007.pdf>
- Arango, M; Sierra, L; Aldana, R; Martínez, G. 2011. Efecto de la aplicación de insecticidas y herbicidas en el desarrollo de la Marchitez letal de la palma de aceite en el Bajo Upía, Casanare. *Palmas* 32(1):11-23.
- Arguedas, M; Cannon, P; Wingfield, M; Montenegro, F. 2013. Principales riesgos fitosanitarios en las plantaciones de teca. *In* de Camino R. y Morales JP. (eds.). *Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades*. Turrialba, Costa Rica: FAO-CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N° 397. p. 134-157.
- Arguedas, M., Rodríguez, M., Guevara, M., Esquivel, E., Sandoval, S., & Briceño, E. (2019). Incidencia y severidad de *Olivea tectonae* Y *Rhabdopterus* sp. En plantaciones jóvenes de *Tectona grandis*L.f. bajo distintas modalidades de control de arvenses. *Agronomía Costarricense*, 43(1), 9–19.
- ARGUEDAS, M. 2009. La “corona de agallas” (*Agrobacterium tumefaciens*). *Kurú* (CR) 6(16): 5 p.
- ARGUEDAS, M. 2011. Problemas fitosanitarios en teca (*Tectona grandis* L.f.) en América Central. *In* Chavarriaga, DM. (Ed.). *Protección Fitosanitaria Forestal*. Medellín, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. Pp.147-160.
- Barrantes, A. (2016). Implementacion de sistema agroforestales con teca. Costa Rica:
https://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf.
- Bhardwaj, A.K., Jasrotia, P., Hamilton, S.K., & Robertson, G.P. (2011) Ecological management of intensively cropped agro-ecosystems improves soil quality with sustained productivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140, 3–4.

- Brockerhoff E. G., H. Jactel, J. A. Parrotta and S. F. B. Ferraz (2013) Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. *Forest Ecology and Management* 301:43-50.
- Cabrera, C. (2003). Plantaciones Forestales: Oportunidades Para El Desarrollo Sostenible. *Universidad Rafael Landivar, 06*, 20.
http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/IARNA/serie_tec/06tec2003.pdf
- Camino, R. de, & Morales, J. P. (2013). Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades. In *Serie técnica / CATIE* (Issue January).
- Carbo, P. (2011). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción “ Comparación dasométrica y económica de dos intensidades de raleo en un cultivo de teca (Tectona grandis) en la zona de Previo a la obtención del tí.*
- Chen, D., Wang, H., Zhou J., Xing, L., Zhu B., Zhao, Y., Chen, X. (2013). Minimum Data Set for Assessing Soil Quality in Farmland of Northeast China. *Pedosphere* 23(5): 564 –576.
- Coca. (2019). *PLAN DE EXPORTACIÓN DE BANCOS DE MADERA PARA LA EMPRESA ARTENTECA S . A . AL MERCADO DE ALEMANIA.*
- De Camino, R.; Morales, J. 2013. Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades. Serie Técnica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). División de Investigación y Desarrollo. Turrialba, Costa Rica. 392 p.
- De Mendoza, Z. M. dos S. H., De Oliveira, J. K., Borges, P. H. de M., & Morais, P. H. de M. (2021). Índices de qualidade das fibras de *Tectona Grandis* Linn. F. em função da sua massa específica básica / Fiber quality indices of *Tectona Grandis* Linn. F. In function of its basic specific gravity. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 55535–55553.
<https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-116>
- Díaz Coronel, T. G., González Osorio, B., Torres Navarrete, E. D., Cruz Rosero, N., & Álava Ormaza, S. (2010). ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE VIVEROS Y DE LA COMERCIALIZACIÓN DE PLÁNTULAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RÍOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE TECA (Te. *Ciencia y Tecnología*, 3(2), 13–20.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v3i2.46>

Donoso, P. J., Promis, Á., y Soto, D. P. (2018). Silvicultura en bosques nativos: Experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos. The Chile Initiative, OSU College of Forestry.

EJECUTIPS. (15 de Mayo de 2019). Obtenido de:

<https://ejecutips.com/web/index.php/2019/05/15/la-teca-y-sus-plagas/>

FAO. (2018). Obtenido de <https://www.fao.org/3/v6530s/v6530s05.htm>

Fonseca González, W. (2015). *MANUAL PARA PRODUCTORES DE TECA (Tectona grandis L. f) EN COSTA RICA HEREDIA*,. 1–117. <https://www.fonafifo.go.cr/media/1332/manual-para-productores-de-teca.pdf>

Forestal Maderero. (12 de septiembre de 2018). Obtenido de <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/teca.html>

FORESTAL MADERERO. (16 de agosto de 2021). Obtenido de <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/recomendaciones-para-podas-en-cultivos-de-teca.html>

FUCOL. (2018). *Teca-Mejor-Inversion*.

Giller, K; Fairhurst, T. 2012. Plantas leguminosas de cobertura. *In* Fairhurst, T; Hardter, R.(eds.).

González Batista, E. (2017). Evaluación del crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* L.f. Unidad silvícola Mayarí. An Evaluation of the Growing of *Tectona grandis* L.F Plantations. Forest Unit Mayarí. Empresa Agroforestal Sierra Cristal Segundo Frente, Santiago de Cuba, Cuba.

González Chávez, L. M. (2020). Evaluación del crecimiento de rebrotes de *Tectona grandis* L.f. (TECA) en la provincia de Guayas, Ecuador. Quevedo – Los Ríos – Ecuador.

González-Martínez, A.; Rojas-Hernández, J.; Jiménez-Gómez, R.; Chavarría-Ñamendi, F. 2013. Evaluación del crecimiento, potencial de secuestro y fijación de carbono de dos especies forestales en el Sistema Agroforestal Taungya en Rivas, Nicaragua. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 11(26): 12-18.

Higuera, H. martinez. (n.d.). *Evaluacion de ensayos de especies forestales en Costa Rica*.

HUBERT, M.; COURRAUD, R. 1988. Poda y formación de los árboles forestales. Madrid, España, Mundi Press. 300 p.

- INECOL. (2020). Obtenido de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1121-reforestar-o-restaurar-ecosistemas>
- Inisefor. (2017). *MANUAL PARA PRODUCTORES DE TECA (Tectona grandis L. f)*. Costa Rica: <https://www.fonafifo.go.cr/media/1332/manual-para-productores-de-teca.pdf>.
- Koegh, R. M. (2008). International pricing mechanism for plantation teak. *ITTO Tropical Forest Update*, 18(2), 24–26.
- Langenberger G. and J. Liu (2013) Performance of smallholder teak plantations (*Tectona grandis*) in Xishuangbanna, south-west China. *Journal of Tropical Forest Science* 25:289-298.
- Marconetto. (2008). *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa Bombacaceae. *America*, 371–376.
- Mesquita, JB; dos Santos, ITBF; Ribeiro, GT; Campos, MJ.2016. Ocorrência de ferrugem (*Olivea neotectonae*) em plantas de teca no estado de Sergipe. *Summa Phytopathologica* 42(3):278-279.
- Nieto, J. E., , Sanjuana Hernández-Delgado, E. M.-D. y, & Mayek-Pérez, N. (2013). Análisis de la diversidad genética del germoplasma de teca (*Tectona grandis* L. f.) en Ecuador analysis of genetic diversity of teak (*Tectona grandis* L. f.). *Scielo*, 5(2), 1–14.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v5n21/v5n21a8.pdf>
- Noboa, P. (2010). *La Teca en Ecuador: mercado, producción y comercialización*. En línea. Consultado el: 18 de noviembre del 2020. Disponible en <http://bibliotecas.espoch.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=26857> .
- Ortega, J. D. (2017). EXPORTACION DE TECA HACIA LA INDIA. In *Вестник Росздравнадзора* (Vol. 4, Issue 1).
- Pachas, A. N. A., Sakanphet, S., Midgley, S., & Dieters, M. (2019). Teak (*Tectona grandis*) silviculture and research: applications for smallholders in Lao PDR. *Australian Forestry*, 82(sup1), 94–105. <https://doi.org/10.1080/00049158.2019.1610215>
- Palma de Aceite: Manejo para Rendimientos Altos y Sostenibles. Georgia, USA, International Plant Nutritional Institute (IPNI) y International Potash Institute (IPI). p. 173-184.

- Pazmiño. (2019). *Análisis del desarrollo de la exportación de madera teca, caso de estudio empresa privada "La Madera"*. (título de ingeniería de comercio). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Peralta, N. (2009). *Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador Área de Derecho Programa de Maestría en Tributación La industria maderera nacional, incidencia tributaria en su proceso productivo y de comercialización hasta el año 2009 Nancy Peralta*. 225.
- Pereira, A. C., Caldeira, S. F., Aparecida, D., & Arriel, A. (2021). Genetic parameters in a clonal test of *Tectona grandis* in Mato Grosso, Brazil. *Parâmetros genéticos em um teste clonal de Tectona grandis no Mato Grosso, Brasil*. *Advances in Forestry Science*, 8(2), 1417–1424. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/view/11234>
- Pérez, L.D; Kanninen, M. 2015. Hacia el manejo intensivo de la Teca (*Tectona grandis*) en Centroamérica. In Memoria del “Seminario y grupo de discusión virtual sobre teca, 26-27 y 28 de noviembre de 2003”. Heredia, CR, Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. 9 p. ISBN 9968- 9996- 3-6. 1 disco compacto.
- Reategui-Betancourt, J. L., Alvarenga Arriel, D. A., Caldeia, S. F., Higa, A. R., Marques, R. M., Gonçalves, I. D. S., & Martinez, D. T. (2021). Morphological descriptors for the characterisation of teak clones cuttings (*Tectona grandis* l.f.). *Revista Arvore*, 45, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1806-908820210000022>
- Rongjiang Y., Jingsong Y., Peng G., Jianbing Z., Wenhui J. (2013). Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area. *Soil & Tillage Research*. 128, 137 – 148.
- Ruiz, B. 2016. Valoración del carbono almacenado en una plantación forestal comercial de teca (*Tectona grandis*) bajo tres condiciones edáficas en Nayarit, México. Tesis de maestría. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Departamento de Madera, Celulosa y Papel Ing. Karl Augustin Grellmann. Zapopan, Jal., México. 84 p.
- Salas-Eljatib, C. (2023). Silvicultura de bosques nativos. *Gayana. Botánica*, 80(2), 188-189. <https://doi.org/10.4067/s0717-66432023000200188>.
- Salcedo, E.; Ypushima, A; González, R.; Zamora, F.; Rodríguez, R.; Sánchez, R. 2014. Efecto de las propiedades edáficas y el contenido nutrimental foliar sobre el crecimiento de teca.

Revista Mexicana de Ciencias Forestales 5 (24): 80-91.

- Schipanski, ME; Barbercheck, M; Douglas, MR; Finney, DM; Haider, K; Kaye, JP; Kemanian, AR; Mortense, DA; Ryan, MR; Tooker, J; White, C. 2014. A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. *Agricultural Systems* 125:12-22.
- Tamarit-Urías J. C., H. M. De los Santos-Posadas, A. Aldrete, J. R. Valdez-Lazalde, H. Ramírez-Maldonado y V. Guerra-De la Cruz (2014) Ecuaciones dinámicas de índice de sitio para *Tectona grandis* en Campeche, México. *Agrociencia* 48:225-238.
- Vinueza, M. (2024). Ficha Técnica No1: Teca. Promadera Sustentable.
- Weaver, P. L. (2013). *Tectona grandis* L. f. Teca. *Smithsonian*, 139–142. file:///C:/Users/User/Downloads/Tectonagrandis (1).pdf
- Ypushima Pinedo, A. L., Salcedo Pérez, E., Córdova Flores, K. S., Galván Gildemeister, O. F. J., & Velazco Castro, E. V. (2022). Nutrición y Crecimiento Inicial de Teca (*Tectona grandis*) en México. In *Nutrición y Crecimiento Inicial de Teca (Tectona grandis) en México* (Issue February 2023). <https://doi.org/10.56224/ediunat.18>
- Zambrano, P. B., Paramo, V. F., Uquillas, C. M., Zamora, D. V., Alava, J. P., & Cando, M. G. (2021). Effect of different concentrations of ethylmethanesulfonate (ems) on seeds and seedlings. *CentroSur*, 1(9), 60–74. <https://doi.org/10.37959/cs.v1i10.72>
- Zambrano, J. (2018). Sistemas-agroforestales. Ecuador: <http://www.heiferecuador.org/wp-content/uploads/2018/03/1.-Sistemas-agroforestales.pdf>.

Anexos



Anexo 1. Revisión en guías de manejo de plantaciones de tectona grandis

The screenshot shows a Google Académico search interface. The search bar contains the text "guia de plantaciones de teca". Below the search bar, there are several filter options on the left side: "Cualquier momento" (with sub-options "Desde 2025", "Desde 2024", "Desde 2021", and "Intervalo específico..."), "Ordenar por relevancia" (with sub-option "Ordenar por fecha"), "Cualquier idioma" (with sub-option "Buscar solo páginas en español"), and "Cualquier tipo" (with sub-options "Artículos de revisión", "Incluir patentes", "Incluir citas", and "Crear alerta"). The search results are displayed in a list format. The first result is titled "Curvas de índice de sitio basadas en modelos mixtos para plantaciones de teca (Tectona grandis LF) en los llanos de Venezuela" and is from sciELO.org.mx. The second result is titled "Crecimiento y productividad de teca en plantaciones forestales jóvenes en Guatemala" and is from cabio.ac.cr. The third result is titled "Manejo de plantaciones forestales: guía técnica para el extensionista forestal" and is from books.google.com. The fourth result is titled "GUÍA PARA EL MANEJO DE LA DENSIDAD MEDIANTE PRESCRIPCIÓN" and is from researchgate.net.

Anexo 2. Investigación del tema en Google académico

Clima

La teca tolera una gran variedad de climas (121) pero crece mejor en condiciones tropicales moderadamente húmedas y calientes (50). Gran parte del área de distribución natural de la teca se caracteriza por climas de tipo monzonal, con una precipitación de entre 1300 y 2500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses (109). La cantidad de lluvia óptima para la teca es de entre 1500 a 2000 mm por año, pero soporta precipitaciones tan bajas como de 500 mm y tan altas como de 5100 mm por año (50, 129). La teca es natural a las áreas secas, incluso bajo condiciones calientes y de sequía. Sin embargo, las condiciones de sequía prolongada en la India han matado tanto árboles como los brotes en los troncos cortados (108).

La teca tolera grandes variaciones de temperatura, que varían entre 2 y 48 °C (129). En la India, la teca es un componente común en los bosques clasificados como muy secos, secos, semi-húmedos, húmedos y muy húmedos. La precipitación anual en estas áreas, respectivamente, varían entre menos de 900 mm, 900 a 1270 mm, 1270 a 1650 mm, 1650 a 2540 mm, hasta más de 2540 mm (112). El clima óptimo para la teca, que se puede encontrar en la costa occidental de la India, posee una temperatura que varía entre 16 y 40 °C. La teca también se extiende a las áreas sujetas a heladas ligeras (50, 138).

Suelos y Topografía

La teca crece en áreas entre el nivel del mar, como en Java, hasta una altitud de 1,200 m en el centro de la India (121). Se establece sobre una variedad de suelos y formaciones geológicas (112, 113), pero el mejor crecimiento ocurre en suelos en Mg (138). Unas muestras de 40 de los árboles de teca de la mejor calidad, representativos de la edad y el diámetro obtenidos durante los primeros 15 años de crecimiento en plantaciones en la Reserva Forestal de Gambari en Nigeria, fueron analizados con respecto al contenido de N, P, K, Ca y Mg (96). La plantación con una biomasa seca sobre el terreno de 592 toneladas por hectárea contuvo, por hectárea, aproximadamente 2,980 kg de K; 2,228 kg de Ca; 1,788 kg de N; 447 kg de P y 377 kg de Mg. Los requisitos anuales mínimos de nutrientes a los 15 años de edad, en kilogramos por hectárea, fueron de 556 de K, 328 de N, 357 de Ca, 76 de P y 62 de Mg. La distribución de elementos, siguiendo tendencias similares en otros rodales, variaron de acuerdo a la edad del rodal. La cantidad relativa de elementos encontrada en el follaje disminuyó con la edad, mientras que aumentó en las ramas y los troncos. Estos requisitos de nutrientes son considerablemente mayores que aquellos requeridos para una plantación de pino en la misma área o en un bosque secundario de 40 años de edad en la República de Ghana (96), indicando que el uso de nutrientes es alto en la teca, comparado con otros tipos de bosque.

En Kerala, en la India, se compararon las características de los suelos bajo un bosque natural y en plantaciones de teca de 1, 15, 30, 60 y 120 años de edad (49). El contenido de materia orgánica en las plantaciones tuvo una correlación positiva con la edad del rodal. Los suelos bajo plantaciones de teca de menos de 30 años de edad tuvieron mayores densidades de masa y menor espacio poroso y capacidad de retención de agua que los suelos en plantaciones más viejas y los del bosque natural, indicando que las condiciones físicas habían sido alteradas por la deforestación y la siembra de teca en el pasado.

La distribución de nutrientes en la teca ha sido el objeto de numerosas investigaciones. El porcentaje de nutrientes en las

Anexo 3. Artículos científicos relacionados al tema



tesis_denis_corregido_2[1] (1)

9%
Textos sospechosos

- 9% Similitudes
 - < 1% similitudes entre comillas
 - < 1% entre las fuentes mencionadas
- 8% Idiomas no reconocidos (Ignorado)
- 12% Textos potencialmente generados por la IA (Ignorado)

Nombre del documento: tesis_denis_corregido_21.docx
 ID del documento: e16050f02e2db9db79177ffeedd3c378a20653db
 Tamaño del documento original: 8,09 MB
 Autores: []

Depositante: Ginger Pionce
 Fecha de depósito: 18/2/2025
 Tipo de carga: interface
 fecha de fin de análisis: 18/2/2025

Número de palabras: 11.956
 Número de caracteres: 79.401

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.unu.edu.pe Flóruia de un bosque secundaria tardío en Pucallpa, Perú https://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/6418 5 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (133 palabras)
2	rngr.net https://rngr.net/publications/arboles-de-puerto-rico/tectona-grandis/at_download/file 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (135 palabras)
3	dspace.utb.edu.ec http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13870/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000488.pdf?... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (113 palabras)
4	www.buenastareas.com todos - Trabajos finales - 1153 Palabras https://www.buenastareas.com/ensayos/Todos/39381169.html	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (100 palabras)
5	cienciasforestales.inifap.gob.mx ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL GERMO... https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/361 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (94 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uteq.edu.ec Impacto del género Hypothenemus en semillas de Tecton... http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6903	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	www.gob.mx https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/246716/Situacion_actual_de_germoplasma_uti...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec Análisis de la teca subpartida arancelaria 4403.49.00 para ... http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26785/5/T-ESPE-O50900.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
4	repositorio.uncp.edu.pe https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10615/1010_48055188_T.pdf?se...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
5	bdigital.zamorano.edu Efecto de la fertilización de la Teca (Tectona grandis L. f.) co... https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5736	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	tesis_denis_corregido_2.docx tesis denis corregido 2 #650c28 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	98%		Palabras idénticas: 98% (11.704 palabras)
2	tesis_denis_corregido_2_copia.docx tesis denis corregido 2 - copia #fd74b El documento proviene de mi biblioteca de referencias	76%		Palabras idénticas: 76% (9352 palabras)
3	dspace.utb.edu.ec Manejo agronómico de plantaciones de teca (Tectona grandis L... http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14031	8%		Palabras idénticas: 8% (1046 palabras)
4	dspace.utb.edu.ec http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/14031/1/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000500.pdf	8%		Palabras idénticas: 8% (1046 palabras)
5	dspace.utb.edu.ec Manejo agronómico de plantaciones de teca (Tectona grandis L... http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14031	8%		Palabras idénticas: 8% (1046 palabras)
6	dspace.utb.edu.ec	8%		Palabras idénticas: 8% (1046 palabras)

UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABI

Creada el 7 de febrero del año 2001, según Registro Oficial No 261

AUTORIZACIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL DE LA UNESUM

Quien suscribe, **DENIS LEONEL ESMERALDAS SABANDO**, en calidad de autor del trabajo de investigación titulado: "**Guía para la gestion sostenible en plantaciones de *Tectona grandis* L.f.**", otorgamos a la Universidad Estatal del Sur de Manabí, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción y distribución pública de la obra, la cual constituye un trabajo de autoría propia.

Declaro que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Estatal del Sur de Manabí, donde autorizamos a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Además, como autor titular de la investigación y en relación a la misma, declaramos que la Universidad Estatal del Sur de Manabí se encuentra libre de toda responsabilidad sobre el contenido de la obra y que, en ningún caso, asumo responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta autorización, se cede a la Universidad Estatal del Sur de Manabí el derecho exclusivo de archivar y publicar la obra sin restricción de divulgación por terceros de la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se haga para obtener beneficios económicos.

Atentamente



DENIS LEONEL ESMERALDAS SABANDO

CI: 131725317-5