



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS MENCIÓN ECOLOGÍA Y GESTIÓN
AMBIENTAL**

TESIS

**DENDROCRONOLOGÍA DE *Tectona grandis* L.f. EN LA
PROVINCIA DE TAMBOPATA Y TAHUAMANU, REGIÓN
MADRE DE DIOS**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS MENCIÓN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**

AUTOR:

**Br. DELMA ERCILIA DOMINGUEZ
SALCEDO**

ASESOR:

Dr. LEIF ARMANDO PORTAL CAHUANA

CODIGO ORCID: 0000-0002-2717-4348

**CUSCO-PERÚ
2024**

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: *Crecimiento de la especie Tectona Grandis L.F. Mediante Técnicas Dendrocronológicas en las provincias de TAMBOPATA y TSHUAMANU Región Madre de Dios*

presentado por: *Delma Escila Dominguez Salcedo* con DNI Nro.: *47595312* presentado por: _____ con DNI Nro.: _____ para optar el título profesional/grado académico de *Maestro en Ciencias Mención Ecología y Gestión Ambiental*

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por *1* veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de *10*%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, *28* de *Agosto* de 20*24*



Firma

Post firma: *Geta Margot Rivas Prado*

Nro. de DNI: *93839197*

ORCID del Asesor: *0000-0002-3114-3923*

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** *27259:375986550*

NOMBRE DEL TRABAJO

CRECIMIENTO DE LA ESPECIE
Tectona g randis L.f. MEDIANTE
TECNICAS DENDROCRONOLÓGICAS
EN LAS PROVINCIA

AUTOR

DELMA DOMINGUEZ

RECUENTO DE
PALABRAS

22966 Words

RECUENTO DE CARACTERES

108740 Characters

RECUENTO DE
PÁGINAS

103 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.2MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 26, 2024 8:14 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 26, 2024 8:16 PM GMT-5

● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- palabras) Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dra. NELLY AYDE CAVERO TORRE, Directora (e) General de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada **DENDROCRONOLOGÍA DE Tectona grandis L.f. EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA Y TAHUAMANU, REGIÓN MADRE DE DIOS** de la Br. DELMA ERCILLA DOMINGUEZ SALCEDO. Hacemos de su conocimiento que el (la) sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día **Diecinueve de Setiembre de 2024**.

Es todo cuanto informamos a usted fin de que se prosiga con los trámites para el otorgamiento del grado académico de MAESTRO EN CIENCIAS MENCIÓN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL.

Cusco, 24 de octubre del 2024

DRA. GRETA MARGOT PAIVA PRADO
Primer Replicante

DR. MAXIMO AMERICO CHACON CAMPANA
Segundo Replicante

DRA. MARIA ENCARNACION HOLGADO ROJAS
Primer Dictaminante

DRA. VERONIKA ISELA VERA MARMANILLO
Segundo Dictaminante

Índice general

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN	1
I. PANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Situación Problemática	4
1.2 Formulación del Problema General.....	5
a) Problema General:	5
b) Problemas específicos:.....	5
1.3 Justificación de la Investigación	5
1.4 Objetivos de la investigación	7
a. Objetivo General.....	7
b. Objetivos Específicos.....	7
II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	8
2.1 Bases Teóricas	8
2.1.1 Principios de la dendrocronología.....	8
2.1.2 La dendrocronología en el Perú	12
2.1.3 Dendrocronología de <i>Tectona grandis</i> realizado en el Perú	13
2.2 Marco Conceptual (palabras claves).....	14
2.3 Antecedentes de la Investigación	18
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	22
3.1. Hipótesis	22
A) Hipótesis General.....	22
B) Hipótesis específicas	22
3.2. Identificación de variables e indicadores	22
IV. METODOLOGÍA	24
4.1 Ámbito de Estudio	24
4.2 Tipo y Diseño de Investigación	27
4.3 Unidad de análisis	27
4.4 Población de estudio.....	27
4.5 Tamaño de muestra	27
4.6 Técnica de selección de muestra	31
4.7 Técnica de recolección de información.....	31
4.8 Técnicas de análisis e interpretación de la información.....	33
4.9 Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas	35
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO.....	36
5.1.2 Caracterización de los Anillos de Crecimiento de <i>Tectona grandis</i> L. f.....	36
5.2 DENDROCRONOLOGÍA DE <i>Tectona grandis</i> L. f.....	40
5.3 INCREMENTO RADIAL DE <i>Tectona grandis</i> L. f.....	43
5.4 RELACIÓN CLIMA – CRECIMIENTO DE <i>Tectona grandis</i> L. f.....	49
5.6 RELACIÓN EL FENÓMENO EL NIÑO – CRECIMIENTO DE <i>Tectona grandis</i> L. f.....	54
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS	73
a. Matriz de consistencia	73
a. Instrumento de recolección de información.....	75
b. Medios de verificación	78
c. Otros	94

Lista de Tablas

Tabla 01: Indicadores y definiciones.....	24
Tabla 02. Lista de árboles de Teca seleccionados de la zona de Iberia.....	27
Tabla 03. Lista de árboles de Teca seleccionados de la zona de Vía Rocío.....	28
Tabla 04. Lista de árboles de Teca seleccionados de la zona del Vivero UNAMAD.....	29
Tabla 05. Resultados de la dendrocronología de los árboles de <i>Tectona grandis</i> L. f. en las tres zonas de estudio de la región de Madre de Dios.....	39
Tabla 06. Resultados del control de calidad de las medidas del ancho de los anillos de crecimiento de los árboles de <i>Tectona grandis</i> L. f.....	40
Tabla 07. Resultados del Incremento radial de <i>Tectona grandis</i>	44
Tabla 08. Resultados simplificados de la regresión lineal entre la cronología de <i>T. grandis</i> proveniente de la zona de Iberia versus el fenómeno El Niño.....	53
Tabla 09. Resultados simplificados de la regresión lineal entre la cronología de <i>T. grandis</i> proveniente de la zona Vía Rocío versus el fenómeno El Niño.....	55
Tabla 10. Resultados simplificados de la regresión lineal entre la cronología de <i>T. grandis</i> proveniente de la zona del Vivero UNAMAD versus el fenómeno El Niño.....	57

Lista de Figuras

- Figura 01. Mapa de Ubicación de las tres plantaciones de *Tectona grandis*.....25
- Figura 02. Se muestra el proceso de la fase de campo. A) Codificando las muestras. B) Midiendo el diámetro del árbol. C) Materiales de campo. D) Colectando las muestras. E) Propietario de la plantación A. F) Hojas de Teca.....31
- Figura 03. Software Image Pro Plus, con muestras de *T. grandis*, con su respectiva medición.....33
- Figura 04. Imagen macroscópica de los anillos de crecimiento en el leño de la especie *Tectona grandis*. A) Muestra no destructiva colectada con el barrenado de Pressler. B) Sección transversal de *T. grandis*, mostrando la marcación del anillo de crecimiento por parénquima marginal y por anillos semiporosos. C) Sección transversal donde se identifican el leño inicial y el leño tardío. Las fechas blancas delimitan el límite de los anillos de crecimiento de teca.....37
- Figura 05. Anillos falsos de *Tectona grandis* L. f., A1 y A2) Se muestra la marcación del anillo falso caracterizado por parénquima marginal discontinuo. B1 y B2) Anillo de crecimiento falso, caracterizado por parénquima marginal abundante sin presencia de anillos semiporosos.....38
- Figura 06. Serie cronológica master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de los árboles de *Tectona grandis* L. f. A) Zona de Iberia. B) Zona Vía Rocío. C) Zona Vivero UNAMAD.....41
- Figura 07. Incremento corriente anual (ICA) de los treinta y seis árboles de *Tectona grandis* L.f., de las tres zonas de estudios.....43
- Figura 08. Incremento en diámetro acumulado de los troncos de los árboles de *Tectona grandis* L. f. A) Zona de Iberia. B) Zona de Vía Rocío. C) Zona del Vivero UNAMAD.....45
- Figura 09. Sensibilidad climatológica de la cronología de *Tectona grandis* L. f., con la precipitación media mensual y la temperatura del aire (*) Denota significancia de 0.05. A) Zona de Iberia. B) Zona de Vía Rocío. C) Zona del Vivero UNAMAD.....49
- Figura 10: Patrones de correlación espacial entre la cronología maestra de *Tectona grandis* L.F. y las temperaturas de la superficie del mar (SST) en los océanos Pacífico y Atlántico de noviembre a marzo (2000-2017), para las tres zonas de estudio. A) Zona de Iberia. B) Zona de Vía Rocío. C) Zona del Vivero UNAMAD. Los colores representan coeficientes de correlación de Pearson. Los cálculos se realizaron mediante KNMI Climate Explorer (<https://climexp.knmi.nl>). El sitio de muestreo está indicado con una estrella de color verde.....51
- Figura 11. Relación entre el fenómeno El Niño vs crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis*. Se muestra regresiones lineales entre las cronologías de ancho de anillos y las regiones específicas del Océano Pacífico del fenómeno de El Niño. Se muestran las ecuaciones de regresión y valor de R cuadrado ($p < 0,05$)59

RESUMEN

Las plantaciones forestales desempeñan un papel crucial al proporcionar una fuente sostenible de madera y productos forestales, reduciendo así la presión sobre los bosques naturales. En este contexto el objetivo general de la presente tesis fue determinar el crecimiento de la especie *Tectona grandis* L.f. mediante técnicas dendrocronológicas en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios. Para dicho fin fueron utilizados 36 árboles de *T. grandis*. La colecta se realizó en junio de 2019, mediante el método no destructivo con la ayuda del taladro de incremento o barrenado de Pressler. Se describieron los límites de los anillos de crecimiento en el corte transversal de cada muestra, la dendrocronología, IMA (incremento medio anual), la relación del clima con la cronología, el fenómeno El Niño con la cronología. Los análisis se realizaron en la UNAMAD - Planta Piloto de Tecnología de la Madera, en el Laboratorio de Anatomía de la Madera. Los resultados revelan una anatomía distintiva y fácilmente identificable de *T. grandis*, fortaleciendo el entendimiento de su estructura anatómica. El análisis dendrocronológico muestra una alta correlación entre los anillos individuales, validando la calidad de los datos y confirmando la consistencia anatómica de la especie. El ancho de los anillos evidencia una notable diversidad, reflejando la edad de los árboles y proporcionando una visión detallada de su dinámica de crecimiento. Los resultados del crecimiento de *T. grandis* demuestra una diversidad de respuestas ante el clima local, con correlaciones significativas en algunas áreas. El análisis de la relación con el fenómeno de El Niño revela asociaciones variables, al evaluar cómo el clima afecta el desarrollo de la especie, es crucial considerar los factores ambientales locales y regionales. Este trabajo contribuye al entendimiento del crecimiento de *T. grandis* en la región, ofreciendo información valiosa para su manejo y conservación en plantaciones forestales.

Palabras clave: Crecimiento, dendrocronología, especie introducida, Madre de Dios, plantaciones forestales, *Tectona grandis*

ABSTRACT

Forest plantations play a crucial role in providing a sustainable source of timber and forest products, thereby reducing pressure on natural forests. In this context, the general objective of this thesis was to determine the growth of the species *Tectona grandis* L.f. using dendrochronological techniques in the provinces of Tambopata and Tahuamanu, Madre de Dios region. For this purpose, 36 *T. grandis* trees were used. The collection was carried out in June 2019 using a non-destructive method with the help of an increment borer or Pressler drill. Growth ring boundaries were described in the cross-section of each sample, along with dendrochronology, IMA (mean annual increment), the relationship of the climate with the chronology, and the El Niño phenomenon with the chronology. The analyses were conducted at UNAMAD - Wood Technology Pilot Plant, in the Wood Anatomy Laboratory. The results reveal a distinctive and easily identifiable anatomy of *T. grandis*, enhancing the understanding of its anatomical structure. The dendrochronological analysis shows a high correlation between individual rings, validating the quality of the data and confirming the anatomical consistency of the species. The ring width exhibits notable diversity, reflecting the age of the trees and providing detailed insight into their growth dynamics. The growth results of *T. grandis* demonstrate a diversity of responses to the local climate, with significant correlations in some areas. The analysis of the relationship with the El Niño phenomenon reveals variable associations; evaluating how climate affects the development of the species requires considering local and regional environmental factors. This work contributes to the understanding of *T. grandis* growth in the region, offering valuable information for its management and conservation in forest plantations.

Keywords: Growth, dendrochronology, introduced species, Madre de Dios, forest plantations, *Tectona grandis*

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales, con su inmensa biodiversidad y su crucial influencia en la regulación climática global, se erigen como un recurso de incalculable valor para el planeta. Estos ecosistemas desempeñan una función vital en la mitigación del cambio climático al actuar como vastos sumideros de carbono, absorbiendo grandes volúmenes de dióxido de carbono de la atmósfera y almacenándolos en su biomasa y suelos. Además, su papel en la regulación del ciclo hidrológico a través de la transpiración vegetal y la generación de precipitaciones los convierte en guardianes esenciales de la estabilidad climática (Haylock et al., 2006; J. Marengo et al., 2018; J. A. Marengo & Espinoza, 2016).

A pesar de su importancia, los bosques tropicales enfrentan una serie de amenazas cada vez más graves, muchas de las cuales están intrínsecamente ligadas al cambio climático. El incremento de temperaturas, las sequías más prolongadas e intensas, y los eventos de inundaciones más frecuentes representan solo algunos de los impactos climáticos que comprometen la salud y la resiliencia de estos ecosistemas. Tales fenómenos extremos amenazan la riqueza biológica única de los bosques tropicales y socavan su capacidad para brindar servicios ecosistémicos vitales, como la regulación climática, la conservación del suelo y la protección contra desastres naturales (Jimenez et al., 2019; ter Steege et al., 2015).

En este contexto, la especie *Tectona grandis*, comúnmente conocida como teca, emerge como objeto de estudio destacado en la investigación científica relacionada con los bosques tropicales. Estudios dendrocronológicos llevados a cabo en árboles de teca han proporcionado valiosa información sobre sus patrones

de crecimiento y su respuesta a los cambios ambientales, ofreciendo así un entendimiento más profundo de cómo los bosques tropicales están siendo impactados por el cambio climático. Además, la teca ha ganado prominencia como especie de interés para la restauración de áreas degradadas en regiones tropicales, gracias a sus múltiples beneficios, que incluyen desde la producción de biomasa hasta la mejora de la calidad del suelo (García & Marinonio, 2016; Pérez et al., 2013; Tonini et al., 2010).

El monitoreo y la gestión efectiva de las plantaciones de teca se han visto facilitados mediante el empleo de técnicas de teledetección, que permiten la evaluación precisa de la salud del bosque y la detección temprana de posibles amenazas, como la deforestación y los incendios forestales (Mollinedo et al., 2016). Además, investigaciones recientes han explorado el potencial de las hojas de teca como colorantes naturales para la tinción, abriendo así nuevas posibilidades en industrias diversas, desde la textil hasta la alimentaria (Mollinedo et al., 2016; Pérez et al., 2013).

El estudio de la teca y sus interacciones con el medio ambiente en los bosques tropicales ofrece una perspectiva inestimable sobre los impactos del cambio climático en estos ecosistemas, así como sobre las estrategias potenciales para su conservación y restauración. Mediante un enfoque interdisciplinario que integre la dendrocronología, la teledetección y la biotecnología, podemos avanzar hacia la protección y gestión sostenible de los bosques tropicales y sus recursos (Arce & Moya, 2015; Tonini et al., 2010).

En este contexto, el presente estudio se enfoca en evaluar el crecimiento de la especie *Tectona grandis* L.f. utilizando técnicas dendrocronológicas en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios. El objetivo general es proporcionar una comprensión detallada de cómo *T. grandis* responde a las condiciones ambientales locales y globales. Para lograrlo, se han planteado varios objetivos específicos: caracterizar la estructura anatómica de los anillos de crecimiento de *T. grandis* en las regiones estudiadas, establecer su cronología, evaluar el incremento radial de los troncos, y analizar la relación entre la cronología de la especie y variables climáticas locales como la precipitación y la temperatura. Además, se busca examinar la relación entre el crecimiento de *T. grandis* y la temperatura de la superficie del mar (SST), así como investigar la influencia del fenómeno de El Niño. Estos objetivos permiten un enfoque integral que no solo profundiza en la biología y ecología de *T. grandis*, sino que también ofrece información valiosa para la gestión y conservación de plantaciones forestales en un contexto de cambio climático.

I. PANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación Problemática

El crecimiento de *Tectona grandis* L.f. no ha sido evaluado de manera exhaustiva en la región Madre de Dios, a pesar de su potencial como especie promisoría para estudios sobre tasas de crecimiento. Aunque *T. grandis* ha sido objeto de numerosos estudios en plantaciones en el Caribe, América Latina y Asia, incluyendo su manejo en Acre (Brasil) donde se cultiva tanto en plantaciones exclusivas como en asociación con especies nativas, su comportamiento en la región Madre de Dios sigue sin ser investigado. Esta especie se ha destacado por su valor económico, calidad de madera, y facilidad de manejo, lo que la hace de interés para la investigación. Sin embargo, la falta de datos específicos sobre su crecimiento y adaptación en la región amazónica plantea un vacío en el conocimiento que podría limitar el desarrollo de estrategias de manejo y conservación efectivas. Además, dado el contexto de cambio climático y la creciente presión sobre los ecosistemas tropicales, es crucial entender cómo *T. grandis* se comporta en un nuevo entorno para garantizar su sostenibilidad y maximizar su potencial en la restauración de áreas degradadas y en la producción forestal. Por lo tanto, esta investigación busca abordar estas lagunas de conocimiento y proporcionar información valiosa sobre el crecimiento de *T. grandis* en la región Madre de Dios, lo que permitirá una mejor planificación y manejo de las plantaciones en esta área.

1.2 Formulación del Problema General.

a) Problema General:

¿Cuáles son las características y patrones de crecimiento de la especie *Tectona grandis* L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios, cuando se evalúan mediante técnicas dendrocronológicas?

b) Problemas específicos:

- ¿Cuál es la estructura anatómica de los anillos de crecimiento la especie *Tectona grandis* L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios?
- ¿Cuál es la Cronología de los árboles de *Tectona grandis* L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios?
- ¿Cuál es el incremento radial de los troncos de *Tectona grandis* L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios?
- ¿Cómo se relación de la cronología de *Tectona grandis* L.f., con el clima local (precipitación y temperatura) en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios?
- ¿Cuál es la relación entre el crecimiento de *Tectona grandis* L.f., y la temperatura de la superficie del mar SST?

1.3 Justificación de la Investigación

La madera de *Tectona grandis* es altamente valorada por sus características tecnológicas y estéticas para la ebanistería, carpintería, pisos, entre otros (Lopes et al., 2014), Además, esta especie se destaca por su rápido crecimiento, lo que la hace ideal para plantaciones de corto plazo en muchos países tropicales, como

Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Honduras, Panamá, Puerto Rico, Trinidad y Venezuela. A los 20 años, *T. grandis* alcanza la madurez y ofrece un alto potencial maderable de gran calidad, lo que la convierte en una valiosa contribución para la economía forestal de estos países (Gil et al., 2018; Keogh, 1996; Lima et al., 2009; Lopes et al., 2014).

Sobre el Perú, en el pasado, el sector de plantaciones forestales no tuvo un impacto significativo en el progreso del país. No obstante, en años recientes, el Gobierno peruano ha demostrado un fuerte compromiso político para impulsar el sector forestal como una fuerza económica en la lucha contra la pobreza, la deforestación del bosque natural y el cambio climático global. Como resultado, se ha reconocido que las plantaciones forestales representan una gran oportunidad para generar ingresos, empleos y recuperar áreas que han sido degradadas (Guariguata et al., 2017).

En la región de Madre de Dios, se tienen pocos registros de plantaciones establecidas formalmente. Del 2013 al 2016, se registraron 6 plantaciones equivalentes a 101.39 hectáreas (Guariguata et al., 2017); donde las especies forestales utilizadas en plantaciones puras y plantaciones agroforestales en la región son: *Tectona grandis*, *Schizolobium parayba* y *Bertholletia* (Montesinos, 2017; Usca, 2012; Yauta, 2019). Sin embargo, hay escasa información sobre el crecimiento de estas especies en la región, en particular de *T. grandis*, que es una de las pocas especies en cultivo. Para abordar esta falta de información, es crucial investigar cómo se está desarrollando *T. grandis* en estas áreas. En este sentido,

surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los patrones de crecimiento y las características dendrocronológicas de *Tectona grandis* L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios, y cómo se relacionan con los factores ambientales locales? Generar esta información permitirá determinar si *T. grandis* es una especie adecuada para plantaciones en los bosques degradados de Madre de Dios, así como identificar los lugares más idóneos para su cultivo en la región.

Dado lo mencionado anteriormente, *Tectona grandis* podría ser una alternativa viable para la recuperación de áreas degradadas por la deforestación en la región Madre de Dios. Es fundamental conocer con precisión su crecimiento en las provincias de Tambopata y Tahuamanu. En este contexto, las técnicas dendrocronológicas se presentan como una herramienta valiosa, permitiendo evaluar el crecimiento de manera económica, rápida y a lo largo de toda la vida de los árboles (Barbosa et al., 2018; R. Brienen et al., 2006; Groenendijk et al., 2014).

1.4 Objetivos de la investigación

a. Objetivo General

Evaluar el crecimiento de la especie *Tectona grandis* L.f. mediante técnicas dendrocronológicas en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.

b. Objetivos Específicos

OE1: Caracterizar la estructura anatómica de los anillos de crecimiento la especie *Tectona grandis* L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.

OE2: Establecer la cronología de los árboles de *Tectona grandis* L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.

OE3: Evaluar el incremento radial de los troncos de *Tectona grandis* L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.

OE4: Analizar la relación de la cronología de *Tectona grandis* L.f., con el clima local (precipitación y temperatura) en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.

OE5: Examinar la relación entre el crecimiento de *Tectona grandis* L.f., y la temperatura de la superficie del mar SST.

OE6: Investigar la relación de la cronología de *Tectona grandis* L.f., y el fenómeno de El Niño.

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Bases Teóricas

2.1.1 Principios de la dendrocronología

La Dendrocronología, como otras disciplinas científicas, se basa en un conjunto de principios y reglas que le proporcionan una base teórica sólida. Estos principios se han desarrollado a lo largo del tiempo, desde el principio de uniformidad establecido en 1785 hasta el principio de agregación de factores

ambientales introducido en 1987. Si bien algunos de estos principios son específicos de la dendrocronología, otros son compartidos con otras disciplinas científicas (Tomazello et al., 2000, 2009), se detallan los principios de la dendrocronología:

El principio de uniformidad: establecido por James Hutton en 1785, sostiene que "el presente es la clave para entender el pasado". Los dendrocronólogos han ampliado esta idea, afirmando que "el pasado es la clave del futuro". Este principio se basa en el hecho de que los procesos físicos y biológicos que influyen en el crecimiento radial de los árboles en la actualidad también afectaron los patrones de crecimiento de los árboles en el pasado, registrados en los anillos de crecimiento. Si se pueden conocer las condiciones climáticas del pasado a través de la dendrocronología, se pueden predecir y tratar las condiciones ambientales futuras. Cabe destacar que este principio no implica que las condiciones climáticas del pasado sean exactamente iguales a las actuales, sino que las influencias son similares y afectan procesos similares en los árboles.

El principio de los Factores Limitantes: establece que el crecimiento de los árboles siempre está regulado por factores externos, como el agua, la temperatura, la luz y el CO₂, así como por factores internos, como las enzimas y los factores de crecimiento. Por ejemplo, en regiones secas, la precipitación es un factor limitante, mientras que, en las latitudes más altas, la temperatura puede serlo. Por lo tanto, la tasa de crecimiento de los árboles, tanto en altura como en diámetro, está determinada por la disponibilidad de estos factores limitantes y su influencia en los procesos biológicos.

El principio de Amplitud Ecológica: establece que las especies son más susceptibles a las variaciones climáticas en los límites de su área natural de distribución geográfica, ya sea en latitud o altitud, donde su hábitat puede ser más estrecho, restringido o amplio. Este principio es relevante en la dendrocronología porque muchas especies de interés para esta disciplina se encuentran precisamente en los bordes de su rango de distribución natural.

El principio de crecimiento agregado: indica que las variaciones en el crecimiento de las plantas son el resultado de una combinación de factores ambientales y bióticos que se acumulan con el tiempo. La ecuación matemática que describe esta relación es $R_t = A_t + C_t + D1t + D2t + E_t$, donde A_t representa la tendencia de crecimiento ontogenético de los árboles, influenciada por la edad; C_t se refiere a la influencia de factores climáticos internos del bosque en el crecimiento de los árboles; $D1$ representa factores endógenos como la competencia por la luz o la formación de claros; $D2$ representa factores exógenos como incendios o ataques de insectos; y E se refiere a variables no explicadas o al error aleatorio asociado con otras señales. Este principio es fundamental para entender cómo los diferentes factores interactúan para afectar el crecimiento de los árboles y cómo estos efectos se acumulan con el tiempo.

El principio de datación cruzada o "Crossdating": es fundamental en la dendrocronología, ya que permite la identificación del año exacto en que se formó cada anillo de crecimiento de un árbol, al establecer la correspondencia entre los

patrones de ancho de anillos de diferentes series de anillos. Este proceso se lleva a cabo mediante la comparación de dos radios dentro de cada árbol y la sincronización de diferentes series de cada árbol. Además, la datación cruzada también se realiza entre diferentes árboles para verificar la sincronización de los picos de crecimiento comunes, lo que permite identificar años atípicos y caracterizar los años en que los árboles tuvieron un crecimiento similar a través de la correlación.

El principio de selección de sitio: establece que se pueden identificar y seleccionar los lugares más adecuados para la dendrocronología utilizando criterios que permitan obtener series de anillos de crecimiento sensibles a las variaciones ambientales relevantes para el estudio. El objetivo es maximizar la señal climática que se analiza a través de los anillos de crecimiento.

El principio de replicación: establece que para maximizar la señal y minimizar el ruido en el análisis dendrocronológico, es necesario obtener más de un radio por árbol y más de un árbol por local. De esta manera, se disminuye la influencia de los factores ambientales no estudiados que pueden interferir en los resultados. En otras palabras, se busca aumentar la cantidad de datos para reducir la variabilidad y mejorar la precisión de las mediciones. Así, la replicación es un elemento clave en la investigación dendrocronológica y permite obtener resultados más fiables y representativos.

El principio de sensibilidad: se refiere al hecho de que el crecimiento radial de los árboles puede ser considerado "sensible" cuando presenta una alta variación

anual, lo que se refleja en la formación de anillos de crecimiento anchos y estrechos a lo largo de la vida del árbol. Por otro lado, se dice que los árboles son "complacientes" cuando no presentan una variación anual significativa, lo que se refleja en anchos de anillos de crecimiento similares a lo largo del tiempo. En el proceso de datación cruzada, se busca utilizar árboles con patrones de crecimiento sensibles, ya que esto facilita la identificación de la correspondencia entre los anillos de diferentes árboles. En resumen, el principio de sensibilidad establece que la sensibilidad del ancho de los anillos de crecimiento es esencial para el éxito de la datación cruzada en dendrocronología.

2.1.2 La dendrocronología en el Perú

En el presente año, Portal-Cahuana et al. (2023), realizó una importante contribución para la dendrocronología del Perú recabando, sistematizando y analizando todas las especies forestales estudiadas en este tema, donde menciona que: el desarrollo de cronologías de anillos de árboles de especies tropicales permite la reconstrucción de la historia ambiental de los Neotrópicos a escalas temporales y espaciales extensas. Este artículo presenta una revisión histórica y actualizada de los estudios dendrocronológicos en Perú, un país megadiverso en cuanto a su flora, tipos de clima y ecosistemas. Se revisó toda la información disponible sobre estudios dendrocronológicos mediante la evaluación de artículos científicos en revistas indexadas y no indexadas, así como en repositorios de tesis universitarias. Los estudios dendrocronológicos comenzaron a finales de la década de 1980 y han involucrado botánicamente a 20 familias, 34 géneros y 52 especies de árboles. Las familias más estudiadas son Fabaceae (16 estudios), Meliaceae

(12), Rosaceae (06) y Bignoniaceae (04), y los géneros más estudiados fueron Cedrela (13), Polylepis (08) y Prosopis (06). El desarrollo de cronologías se ha aplicado principalmente en la reconstrucción climática, la conservación y el manejo forestal. Identificamos una subrepresentación o lagunas de muestreo en cuanto a la complejidad climática y geográfica. La alta diversidad de árboles de Perú constituye un laboratorio natural para desarrollar estudios de anillos de crecimiento y comprender mejor el crecimiento y el funcionamiento de las especies de árboles tropicales, su interacción con el clima y derivar reconstrucciones climáticas durante los últimos siglos. Esta revisión tiene como objetivo contribuir a la dirección de futuros estudios dendrocronológicos en Perú y fomentar la exploración de nuevas áreas y especies para ampliar el conocimiento de la historia ambiental de la región.

2.1.3 Dendrocronología de *Tectona grandis* realizado en el Perú

Solo se ha realizado una investigación en dendrocronología con la especie *T. grandis*, realizada a nivel de tesis de pregrado, realizado por Zúñiga (2012), donde se empleó el análisis dendrocronológico en árboles de *Tectona grandis*, conocida como "Teca", para entender su crecimiento y su relación con factores ambientales como la temperatura y la precipitación en plantaciones forestales. Este análisis reveló la formación anual de los anillos de crecimiento y permitió correlacionar estos con la temperatura y la precipitación, identificando cuál de estos factores ejerce una mayor influencia en el crecimiento y la edad de los árboles de "Teca" en las plantaciones.

Para llevar a cabo este estudio, se recolectaron 31 árboles de "Teca" de la plantación situada en el Fundo la Génova, Distrito de San Ramón, en la Región

Junín, Perú. Se utilizó un barrenos Pressler para extraer muestras radiales del fuste, las cuales fueron preparadas para el análisis dendrocronológico. La edad de los árboles y el ancho de los anillos se determinaron previamente mediante el uso de los programas COFECHA, ARSTAN y RESPO para sincronizar los datos. Se halló que la edad promedio de los árboles es de 25 años y que la variable climática más influyente en el crecimiento del fuste de los árboles es la precipitación, especialmente al inicio de la temporada de lluvias (diciembre a febrero). En resumen, la "Teca" presenta un notable potencial para las reconstrucciones climáticas debido a la información registrada en su madera sobre su crecimiento y su relación con los factores externos. (Zúñiga, 2012).

2.2 Marco Conceptual (palabras claves)

A continuación, se mencionan alfabéticamente términos empleados en la presente investigación y que son considerados como palabras claves:

Anillo anual: durante el proceso de formación del anillo de crecimiento anual, se observa una rápida producción inicial de nuevas células de xilema "madera", que gradualmente disminuye a medida que avanza el verano y finaliza cuando las temperaturas vuelven a descender. Estas fluctuaciones en la velocidad de formación celular se reflejan en las características de la madera que conforman los anillos. Debido a las variaciones en el ritmo de formación del anillo, las células de la madera también muestran diferencias. La madera temprana, que se desarrolla al inicio del periodo de crecimiento, contrasta con la madera tardía, que se forma hacia el final. Por esta razón, en el anillo anual de muchas especies es posible distinguir dos bandas claramente diferenciadas. (Gutiérrez, 2009).

Albura: es la región que sigue al cambium vascular, generalmente de color claro, fisiológicamente formado por células activo, sin obstrucciones, a través del cual circula las sustancias nutritivas de la planta, en flujo ascendente, por lo que es fácil atacado por agentes degradantes de madera (principalmente hongos e insectos xilófagos). Así que esta es la región que recibir mejor los productos conservantes en los procesos de tratamiento de la madera, hecho para garantizar su longevidad.

Bosque tropicales: son un ecosistema complejo y diverso, caracterizado por una gran variedad de especies vegetales y animales. Una de las particularidades más llamativas de estos bosques es que muchas especies se encuentran representadas por pocos individuos, lo que se conoce como baja densidad de individuos por especie. Esta baja densidad puede deberse a la competencia por recursos, a las condiciones climáticas y geográficas, entre otros factores (Alvis, 2009).

Cambium vascular: (Del latín cambium, que significa "intercambio", y vasculum, que significa "pequeño vaso") es el tejido encargado de la producción de nuevas células en el tejido xilemático, lo que se traduce en un aumento en el diámetro del tronco de los árboles que crecen en condiciones normales. Sin embargo, factores externos pueden influir en su actividad y generar estructuras especiales en la organización del árbol. Asimismo, pueden producirse daños en la

estructura del árbol, como heridas causadas por insectos o incendios (Ferreira y Inga, 2022).

CAP: Circunferencia a la Altura del Pecho.

Corteza: (del latín *córtex* = corteza) la peridermis, también conocida como corteza, es el tejido que recubre externamente a los vegetales y se produce gracias a la actividad de un tipo de tejido meristemático llamado felógeno o cambio de la corteza (Ferreira y Inga, 2022).

Caducifolia: Árboles y arbustos caducifolios, que pierden sus hojas durante la estación fría o seca, en contraste con aquellos que conservan su follaje todo el año.

Cronología: Después de estandarizar todas las series, se calcula la media ponderada para suavizar los valores de los años extremos, dando lugar a la cronología maestra. Esta cronología se emplea para analizar las relaciones entre el crecimiento de los árboles y el clima (función de respuesta). Si la señal climática persiste durante el periodo de datos disponibles, es factible reconstruir dicha señal (función de transferencia). Asimismo, puede utilizarse para datar eventos, siempre y cuando se establezca la fiabilidad del periodo cubierto por la cronología. (Gutiérrez, 2009).

DAP: Diámetro a la altura del Pecho.

Densidad: Representa la cantidad total de individuos en relación con el área de muestreo.

Dominancia: Indica la suma total del área basal en comparación con el área de muestreo.

Duramen: es la región que se encuentra internamente albura, generalmente de color más oscuro, formado por células que ya han perdido su función de conducción (células sin actividad vegetativo). El color más oscuro del duramen es causado por la formación de extractivos, depositado durante el proceso de capacitación. En esta región, las maderas más resistente, los vasos son a menudo obstruido por extractivos (aceites, resinas y depósitos) o por tilosis, dificultando el tratamiento con conservantes y el secado de la madera prácticamente no hay absorción de estos productos, incluso en tratamiento a presión en autoclave (Borges, 2020).

ENSO ("El Niño-Oscilación Sur"): El fenómeno ENSO, que se desencadena en el Pacífico tropical, es un sistema interconectado entre el océano y la atmósfera, con repercusiones a nivel global. El Niño y La Niña son las fases cálida y fría de este fenómeno, respectivamente. Las anomalías climáticas a gran escala asociadas con El Niño y La Niña se extienden por todo el mundo gracias a conexiones atmosféricas y oceánicas, teniendo impactos notables tanto en la sociedad como en el entorno natural (Sulca et al., 2018).

Fenología: investigación sobre las fases de crecimiento y los eventos cíclicos, como la brotación, floración, dormancia, y cómo se relacionan con

variaciones estacionales del clima, como la temperatura y la longitud del día. (Bauer et al., 2020).

Hipsómetro: dispositivo de medición empleado para determinar la altura de los árboles, basado en la relación entre el punto de ebullición de los líquidos y la presión atmosférica, que está vinculada con la altitud geográfica.) (Imaña y Encinas, 2008).

Población: conjunto de individuos pertenecientes a una misma clase, género o especie.

Perennifolia: vegetación que conserva sus hojas y las mantiene verdes durante todo el año, según lo definido por (Bauer et al., 2020).

Volumen: representa la medida del espacio ocupado por un árbol, calculado según los parámetros establecidos (Imaña y Encinas, 2008).

2.3 Antecedentes de la Investigación

Según Bhat y Ma (2004), *Tectona grandis* L.f., una especie de hoja ancha perteneciente a la familia Verbenaceae, es originaria de Birmania, la península de la India, el oeste de Tailandia e Indonesia. Los bosques naturales de *T. grandis* se extienden por la región de Asia-Pacífico, abarcando latitudes entre 12°N y 25°N y longitudes entre 73°E y 104°E, así como áreas al sur del Ecuador, incluyendo Java

y algunas islas menores del Archipiélago Indonecio. Estos bosques se encuentran predominantemente por debajo de los 1000 metros de altitud, con un área aproximada de 23 millones de hectáreas en la India, Laos, Myanmar y Tailandia. En India, se concentra cerca de un tercio de los bosques naturales de *T. grandis*, alrededor de 8.9 millones de hectáreas. La especie fue introducida fuera de Asia por primera vez en Nigeria en 1902, y su cultivo se expandió a América con la primera plantación en Trinidad y Tobago en 1913, según Keogh (1979). Desde entonces, *T. grandis* ha sido ampliamente distribuida en países como Belice, República Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y México, con plantaciones también establecidas en Brasil, Perú, El Salvador y Honduras (Chávez y Fonseca, 1991).

Venegas (2013), en su estudio sobre “Dendrocronología de árboles de *Tectona grandis* L.f. e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf de plantaço da Mata da Pedreira, Campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP”. Encontró en sus resultados principales que las características anatómicas de los anillos de crecimiento de los árboles coinciden con lo descrito por la literatura; la serie de los anillos de crecimiento mostro correlación significativa en relación con la sincronización de los anillos de crecimiento de *T. grandis*. El efecto perjudicial de las lianas en las copas de los árboles de *T. grandis*, fue comprobado por la reducción del ancho de los anillos de crecimiento en el periodo de 2000-11; la densidad aparente media de los anillos de crecimiento de *T. grandis* es de 0.64 g/cm³.

Zuñiga (2012) descubrió que los árboles tienen una edad promedio de 25 años. La investigación reveló que la precipitación es el factor climático más influyente en el crecimiento del fuste de los árboles, especialmente al comienzo de la temporada de lluvias (diciembre - febrero). Estos hallazgos resaltan el potencial de la "Teca" para contribuir a reconstrucciones climáticas.

Palakit, Siripattanadilok, y Duangsathaporn (2012), en su estudio "False ring occurrences and their identification in teak (*Tectona grandis*) in north-eastern Thailand", realizaron mediciones y estandarizaciones de los diámetros de los vasos desde la médula hasta la corteza para identificar anillos falsos y definir los límites de los anillos anuales en la madera de teca. Los investigadores identificaron dos tipos de anillos falsos: el tipo I, presente en la madera temprana, que se caracterizaba por una o más filas de parénquima axial asociadas con grandes vasos al inicio del anillo anual; y el tipo II, que se encontraba en la madera tardía y se subdividía en dos grupos según sus características. El primer grupo mostraba una agregación de grandes vasos asociados con parénquima paratraqueal, mientras que el segundo grupo no presentaba parénquima paratraqueal.

Oliveira (2011), en su estudio en su tesis de maestría "Dendrocronologia e análise da variação radial da densidade do lenho de árvores de *Tectona grandis* L.f., do município de Cáceres, MT". Sus resultados muestran que la variable climática determinante para el mayor crecimiento en diámetro del tronco de los árboles fue la precipitación en los meses del año corriente al crecimiento (enero y mayo) demostrando su potencialidad para la utilización en estudios dendrocronológicos.

Deepak y Vijendra (2010), en su investigación “Tree-ring analysis of teak (*Tectona grandis* L. f.) from Western Ghats of India as a tool to determine drought years”, manifiestan que la teca tiene distinta sensibilidad, datable y climática, sus anillos de crecimiento son anuales. Los datos climáticos revelaron que hay varios periodos alternos de bajo y a muy alto años de gran precipitación. Los años comunes de baja lluvia en los dos sitios coinciden con la mayor parte de la sequía años de la India.

Dunish et al. (2003), la necesidad imperiosa de comprender la autoecología de los árboles de maderas tropicales ha impulsado el interés en los enfoques dendroecológicos. Estos métodos brindan la oportunidad de investigar la relación entre factores externos y la formación de la madera a través del análisis de series cronológicas.

Chávez y Fonseca (1991), en su lugar de origen, *Tectona grandis* se describe como un árbol de gran tamaño, caducifolio, capaz de superar los 50 metros de altura y los 2 metros de diámetro. En América Central, puede alcanzar alturas de más de 30 metros. Presenta un fuste recto, con corteza áspera y delgada de aproximadamente 12 mm de grosor, que se caracteriza por su color café claro y su tendencia a desprenderse en placas grandes y delgadas, sin poseer un olor o sabor distintivo.

Peña (1981) señala que la madera de *Tectona grandis* se emplea en una variedad de aplicaciones, que incluyen construcciones navales, puentes, postes, muebles, carpintería en general, enchapado y contrachapado, así como en la fabricación de

parquet y duela utilizados en barriles para productos químicos. Veit (1996) destaca que la excelente calidad de la madera es la razón principal para su cultivo, ya que ofrece durabilidad, estabilidad y una notable resistencia a termitas, perforadores marinos y otros insectos, lo que la convierte en un material altamente valorado en el mercado internacional, con precios significativamente superiores a los de la caoba. Además, Vieira et al. (2002) resaltan otros aspectos cualitativos, como su diseño, color y densidad, que contribuyen a la alta valoración de la madera de *T. grandis* en todo el mundo.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

A) Hipótesis General.

El crecimiento de *Tectona grandis* L.f. en las plantaciones de las provincias de Tambopata y Tahuamanu varía significativamente en función del clima local.

3.2. Identificación de variables e indicadores

Variable única: Anillos de crecimiento de *Tectona grandis* L.f.

Tabla 01: Indicadores y definiciones:

Variables	Indicadores	Instrumento	Unidad/ escala	Fuente
-----------	-------------	-------------	-------------------	--------

Número de anillos de crecimiento de <i>T. grandis</i> .	Conteo de las muestras (series) de la corteza – médula.	Muestras de maderas, de 10x, microscopio estereoscopio	Número.	IAWA (1989)		
Ancho de anillos de crecimiento de <i>T. grandis</i> .	Medición del ancho de los anillos de crecimiento	Muestras de maderas, software Image Pro-plus	Milímetros (mm)	Portal (2020)	et al.	
Edad de los árboles de <i>T. grandis</i> .	Determinado en función al número de anillos de crecimiento y el crossdating.	Muestras de madera, software COFECHA	Número	Brienen (2006)	et al.	
Incremento Anual Medio	Medición del ancho de los anillos de crecimiento	Muestras de maderas y cronología	Milímetros (mm)	Barbosa (2018)	et al.	
Relación clima - cronología	Comparación de los valores climáticos (precipitación y temperatura) con la cronología	Obtención de datos climáticos por fuentes secundarias (NOAA) y cronología información primaria	Coefficiente de correlación de Pearson	Brienen (2009)	et al.	

Cronología – El Niño
Comparación de los valores de El Niño con la cronología
Obtención de reportes históricos de El Niño (NOAA) y la cronología (obtenida de la inv.)
Coeficiente de correlación de Pearson
Felfili et al. (2018)

3.2.1 Indicadores

Los indicadores de la tesis son:

- Ancho de anillos de crecimiento = milímetros.
- Número de anillos de crecimiento = conteo de los anillos.
- Tipo de anillos de crecimiento = identificación.
- Incremento corriente anual = crecimiento en un año específico.
- Incremento medio anual = incremento de crecimiento en una edad determinada.
- Relación cronología/SST = mapa de correlación espacial.

IV. METODOLOGÍA.

4.1 Ámbito de Estudio

El sitio de estudio son tres plantaciones forestales y agroforestales en un bioma de bosque húmedo tropical, ubicado en las provincias de Tambopata y Tahuamanu en la región de Madre de Dios, al suroriente del Perú (Figura 01). De acuerdo con la clasificación de clima de Köppen, la región se caracteriza por

presentar un clima tropical húmedo, tropical monzónico y tropical de bosque seco (Köppen, 1948), con una temperatura mensual que varía de 24-26°C y una precipitación promedio de 2000 mm/año (Portal et al., 2021).

La región de Madre de Dios abarca una extensión de 85,182.63 kilómetros cuadrados, lo que equivale al 6.6% del territorio nacional y al 15.3% de la región selvática. A nivel provincial, Tambopata representa el 42.58% del área total, seguido por Manu con el 32.54% y Tahuamanu con el 24.88%. La altitud en el departamento varía entre 186 metros sobre el nivel del mar (en el Distrito de Tambopata, Provincia de Tambopata) y 500 metros sobre el nivel del mar (en el Distrito de Fitzcarrald, Provincia de Manu). El perímetro total del departamento es de 1,446.96 kilómetros, de los cuales el 40.4% corresponde a la frontera internacional. La longitud de la frontera con la República de Bolivia es de 314.5 kilómetros, mientras que con la República Federativa de Brasil es de 270.1 kilómetros.(GOREMAD, 2001).

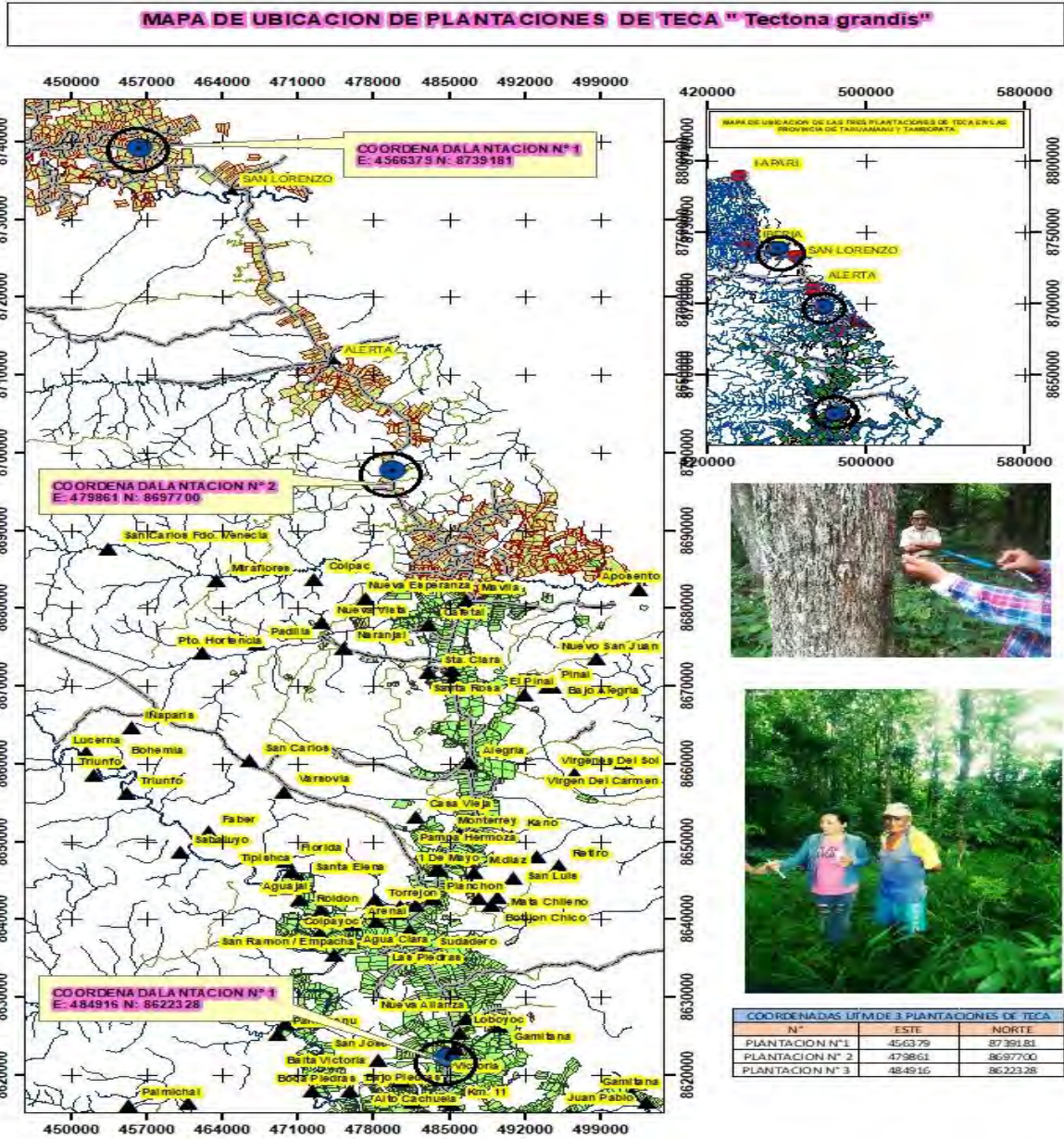


Figura 01. Mapa de Ubicación de las tres plantaciones de *Tectona grandis*.

4.2 Tipo y Diseño de Investigación

Tipo y nivel de investigación

El tipo de estudio es descriptivo y correlacional, se describió y correlacionó el ancho de los anillos de crecimiento de los 36 árboles de *T. grandis* con variables ambientales. Sobre el nivel de estudio se planteó el nivel descriptivo y el nivel relacional.

4.3 Unidad de análisis

Son los árboles de la especie forestal *Tectona grandis*, ubicada en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, específicamente en tres plantaciones forestales, seleccionados de manera aleatoria.

4.4 Población de estudio

Se realizó un inventario en las tres plantaciones ubicadas en las provincias de Tambopata y Tahuamanu. Dichos árboles inventariados conformarán la población de la presente investigación.

4.5 Tamaño de muestra

Del inventario que se realizó en las plantaciones seleccionadas, se seleccionó los árboles de la especie *T. grandis*, para que conformen la muestra, el número de árboles en función a la (NTP N°251.008, 2016), igual o mayor a 05 árboles, de ello por cada plantación se seleccionó 12 árboles.

Zona de Iberia: Corresponde a la plantación de Teca, localizada a una hora y treinta minutos de la ciudad de Iberia en la provincia de Tahuamanu. Dicha plantación se encuentra asociada con Copoazu *Theobroma grandiflorum* y Shiringa *Hevea brasiliensis*.

En la zona de Iberia, se inventariaron todos los árboles de *T. grandis*, sumando un total de 78 árboles (Anexo 02). De estos, se seleccionaron 12 árboles basándose en criterios de buen estado fitosanitario, eligiendo aquellos con fuste recto, copa completa y libres de pudriciones, hongos e insectos (Tabla 02).

Tabla 02. Lista de árboles de Teca seleccionados de la zona de Iberia:

En la Tabla 02, se presentan los datos dasométricos de los 12 árboles de *T. grandis* seleccionados de la zona Iberia y sus respectivas coordenadas geográficas.

Cod. Campo	Especie	CAP (m)	DAP (cm)	DAP (m)	AT (m)	AC (m)	V (m ³)	V (pt)	ESTE	NORTE
1	Teca	36.7	37.7	0.377	16	5	0.36	80	456379	8739181
38	Teca	33.9	31.5	0.315	19	10	0.51	111	456391	8739213
44	Teca	38.5	37.2	0.372	19	8	0.57	124	456408	8739206
47	Teca	28.7	30.4	0.304	16	7	0.33	73	456388	8739226
50	Teca	44.1	38.4	0.384	17	5	0.38	83	456372	8739233
52	Teca	30.5	30	0.3	18	7	0.32	71	456396	8739222
56	Teca	27.6	28.1	0.281	18	7	0.28	62	456405	8739215
62	Teca	40	40.8	0.408	18	7	0.59	131	456360	8739245
73	Teca	34.5	35.4	0.354	19	8	0.51	113	456380	8739239
74	Teca	43.1	43.5	0.435	19	7	0.68	149	456382	8739242
76	Teca	37.9	40.9	0.409	20	8	0.68	150	456394	8739226
78	Teca	35.5	38	0.38	18	6	0.44	97	456409	8739223

Zona de Vía Rocío: Corresponde a la plantación de Teca, localizada en el sector La Novia en la provincia de Tahuamanu. Dicha plantación es pura no presenta asociación con otras especies y se encuentra al pie de la carretera Interoceánica sur.

En la zona de Vía Rocío, se inventariaron todos los árboles de *T. grandis*, teniendo un total de 240 árboles (Anexo 03), de los cuales se seleccionaron al azar 12 árboles (Tabla 03), presentaron buen esta fitosanitario como: fuste recto, con copa completa, sin pudriciones ni ataque de hongos o insectos.

Tabla 03. Lista de árboles de Teca seleccionados de la zona de Vía Rocío:

En la Tabla 03, se presentan los datos dasométricos de los 12 árboles de *T. grandis* seleccionados de la zona Vía Rocío y sus respectivas coordenadas geográficas.

Cod. Campo	Especie	CAP (m)	DAP (cm)	DAP (m)	AT (m)	AC (m)	V (m ³)	V (pt)	ESTE	NORTE
71	Teca	25.6	26.4	0.264	19	6	0.21	47	479902	8697702
72	Teca	27.2	24.5	0.245	17	5	0.15	34	479898	8697705
73	Teca	32.3	32.5	0.325	19	10	0.54	119	479889	8697708
78	Teca	23.8	24.6	0.246	15	4	0.12	27	479866	8697705
79	Teca	28.5	28	0.28	18	5	0.20	44	479865	8697708
88	Teca	27.3	25.7	0.257	18	6	0.20	45	479889	8697708
90	Teca	27.8	29	0.29	19	7	0.30	66	479898	8697712
113	Teca	28.2	26.2	0.262	21	7	0.25	54	479889	8697715
120	Teca	28.6	28.9	0.289	18	6	0.26	56	479863	8697724
154	Teca	27.1	27.6	0.276	20	7	0.27	60	479878	8697730
163	Teca	29.5	28	0.28	18	6	0.24	53	479872	8697741
164	Teca	25.6	25.5	0.255	20	7	0.23	51	479877	8697738

Zona Vivero UNAMAD: Corresponde a la plantación de Teca, localizada en el distrito de Las Piedras en la provincia de Tambopata. Plantación perteneciente a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD, dicha plantación

es pura no presenta asociación con otras especies y se encuentra al pie de la carretera Interoceánica sur, forma un cerco vivo para el vivero de la UNAMAD.

En la zona del Vivero UNAMAD, se inventariaron todos los árboles de *T. grandis*, teniendo un total de 100 árboles (Anexo 04), de los cuales se seleccionaron al azar 12 árboles (Tabla 04), presentaron buen esta fitosanitario como: fuste recto, con copa completa, sin pudriciones ni ataque de hongos o insectos.

Tabla 04. Lista de árboles de Teca seleccionados de la zona del Vivero UNAMAD:

En la Tabla 04, se presentan los datos dasométricos de los 12 árboles de *T. grandis* seleccionados de la zona vivero UNAMAD y sus respectivas coordenadas geográficas.

Cod. Campo	Especie	CAP (m)	DAP (cm)	DAP (m)	AT (m)	AC (m)	V (m ³)	V (pt)	ESTE	NORTE
3	Teca	29.3	27.4	0.274	19	6	0.23	51	484909	8622323
5	Teca	34.1	34.4	0.344	24	8	0.48	106	484908	8622320
6	Teca	36.5	32.4	0.324	16	7	0.38	83	484910	8622316
10	Teca	30.3	34	0.34	20	8	0.47	104	484908	8622307
11	Teca	17.2	19.1	0.191	15	4	0.07	16	484906	8622304
13	Teca	29.4	25.4	0.254	21	9	0.30	65	484908	8622296
14	Teca	29.9	28.1	0.281	19	6	0.24	53	484905	8622295
15	Teca	27.4	27.5	0.275	17	5	0.19	42	484909	8622295
16	Teca	29.5	31.2	0.312	21	7	0.35	77	484905	8622291
17	Teca	31.5	27	0.27	22	8	0.30	66	484907	8622285

18	Teca	27	26	0.26	21	8	0.28	61	484904	8622287
19	Teca	29.3	27.9	0.279	18	6	0.24	52	484904	8622285

4.6 Técnica de selección de muestra

Se eligieron y delimitaron 36 árboles de *Tectona grandis*, recolectados aleatoriamente de las provincias de Tambopata y Tahuamanu, considerando criterios fitosanitarios, fuste recto y una calidad de sitio óptima. Esta selección se realizó con el fin de minimizar los efectos del borde, que pueden influir en el crecimiento del árbol debido a factores como la acumulación de nutrientes y la exposición al viento, entre otros.

El muestreo es de tipo aleatorio simple, es decir los árboles de la muestra son elegidos al azar de la población, teniendo en cuenta el aspecto fitosanitario.

4.7 Técnica de recolección de información

Los árboles de Teca fueron colectados por el método no destructivo, con auxilio del barrenador de Pressler de 4.3 mm de diámetro por 400 mm de longitud, donde fueron colectadas 04 muestras radiales del leño a la altura del pecho y en función a los puntos cardinales (Figura 02). Las muestras fueron codificadas, acondicionadas en tubos de plástico (sorbetes grandes), el orificio de 4.3 mm de diámetro fue curado con un cicatrizante Sanix (solución antiséptica y germicida de

amplio espectro) y tapado con silicona, esto con la finalidad de evitar el ataque de patógenos en los árboles colectados.

Los tubos de plástico con las muestras radiales, fueron transportados para a la Planta Piloto de Tecnología de la Madera, específicamente al Laboratorio de Anatomía de la Madera, donde se realizó el proceso de secado al ambiente para posteriormente continuar con el proceso de lijado y pulido de las muestras radiales.



Figura 02. Se muestra el proceso de la fase de campo. A) Propietario de la plantación A. B) Hojas de Teca. C) Materiales de campo. D) Midiendo el diámetro del árbol. E) Colectando las muestras. F) . Codificando las muestras.

4.8 Técnicas de análisis e interpretación de la información

De cada árbol evaluado, se extrajeron 04 radios, a través de métodos no destructivos (barreno). Se consideraron árboles con los mayores diámetros mínimos de corte de cada plantación.

Las muestras obtenidas (radios) fueron secadas al aire libre y luego montadas en un soporte de madera. Se procedió a lijar y pulir utilizando lijas de diferentes granulometrías de 60-1200 granos/cm² con el objetivo de mejorar la visualización de los anillos de crecimiento de la especie *T. grandis*. Posteriormente, las muestras se escanearon a una resolución de 1200 dpi. La caracterización de los anillos de crecimiento se llevó a cabo siguiendo las normas internacionales establecidas para este fin. (COPANT, 1974; IAWA, 1989).

Luego, las imágenes digitalizadas de las muestras de madera de *T. grandis* fueron analizadas utilizando el software Image Pro Plus (ver Figura 03). Una vez completada la medición manual del ancho de los anillos de crecimiento, los valores obtenidos para cada árbol seleccionado fueron exportados a hojas de cálculo en el programa Microsoft Office Excel 2007 para su posterior ordenamiento y análisis.

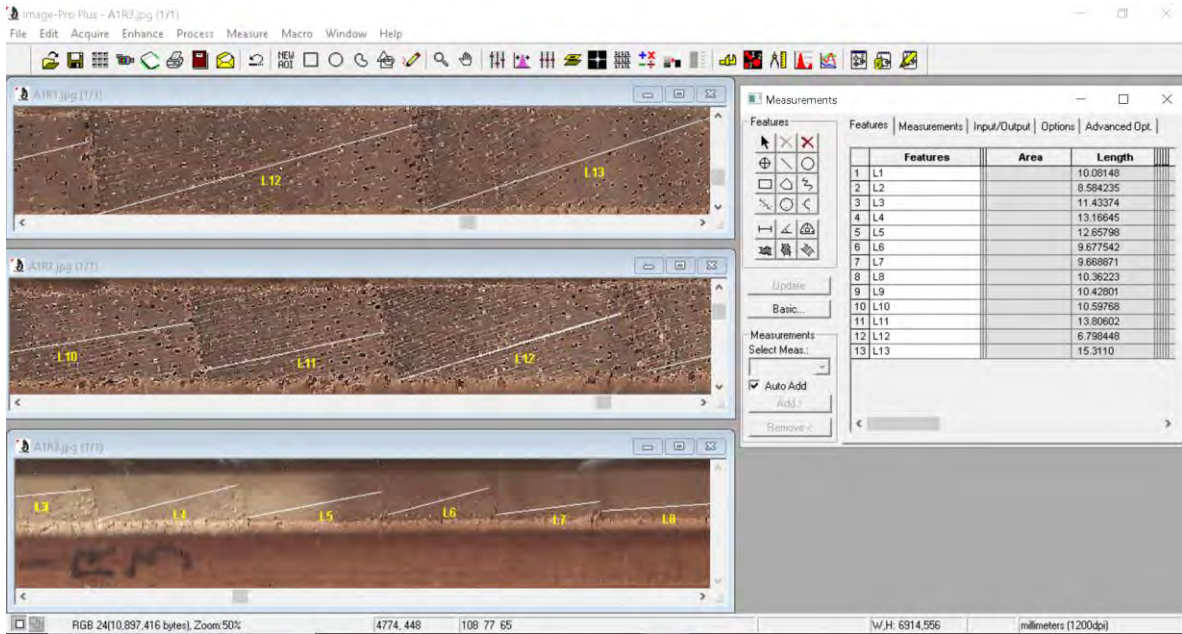


Figura 03. Software Image Pro Plus, con muestras de *T. grandis*, con su respectiva medición.

Después de haber tomado medidas de los anillos de crecimiento de *T. grandis*, se llevó a cabo la verificación y control de la sincronización de las series tanto entre como dentro de los árboles (Fritts, 1974), utilizando el software COFECHA (Holmes, 1983). Para la elaboración de las cronologías se empleó el programa ARSTAN (MRWE Application Framework Copyright © 1997-2004), (Holmes, 1983).

Se calculó las correlaciones espaciales entre el crecimiento de *T. grandis* y las temperaturas de la superficie del mar (SST), los datos históricos se obtuvieron del (HadISST) (Reynolds y Smith, 1994).

Se correlacionaron los datos de la cronología con las mediciones mensuales de temperatura y precipitación, así como con los registros históricos del fenómeno de El Niño. Estos últimos se obtuvieron de la base de datos de la Administración Nacional Oceánica and Atmospheric-NOAA (NCEP-NCAR Reanalysis), que incluyen registros históricos de temperatura del aire y precipitación total (Kalnay et al., 1996).

4.9 Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas

Se llevó a cabo una secuencia lógica y científica que incluyó la recolección de muestras, su acondicionamiento y procesamiento, la obtención de los resultados, su interpretación y, finalmente, la elaboración de conclusiones basadas en los hallazgos científicos encontrados.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO

5.1.2 Caracterización de los Anillos de Crecimiento de *Tectona grandis* L. f.

La especie *Tectona grandis* se caracteriza anatómicamente por la presencia de anillos de crecimiento claramente distinguibles en su sección transversal, los cuales constituyen una característica distintiva a simple vista. Estos anillos exhiben un límite bien definido, marcado por la presencia de parénquima marginal característico. Además, se observa la formación de anillos semiporosos, los cuales están compuestos por vasos de gran tamaño ubicados en el parénquima marginal. Esta área del anillo de crecimiento constituye el leño inicial, mientras que los vasos de menor diámetro forman el leño tardío, lo que proporciona una estructura anatómica claramente diferenciada y fácilmente identificable (Figura 04). Estas características anatómicas de *T. grandis* no solo son distintivas, sino que también son fundamentales para la identificación precisa de los anillos de crecimiento genuinos, lo que resulta crucial para diversos estudios dendrocronológicos y de ecología de la especie.

En cuanto a la descripción de los anillos de crecimiento de los árboles de teca (*T. grandis*) en las tres zonas de estudio investigadas, se ha observado una coincidencia notable con la información encontrada en la literatura científica previa. Este hallazgo se apoya en los trabajos de diversos autores (Moya, Berrocal, Serrano, & Tomazello, 2009; Oliveira, 2011; Venegas, 2013; Zuñiga, 2012), quienes han documentado y descrito exhaustivamente la anatomía y morfología de los

anillos de crecimiento en *T. grandis*. Esta consistencia entre los hallazgos actuales y los estudios previos es de gran relevancia, ya que fortalece y valida la comprensión existente de la estructura anatómica de los anillos de crecimiento en esta especie. Además, este acuerdo entre la observación empírica y la literatura científica contribuye significativamente al desarrollo y avance de la dendrocronología y de nuestra comprensión más amplia de la dinámica de crecimiento de la teca.

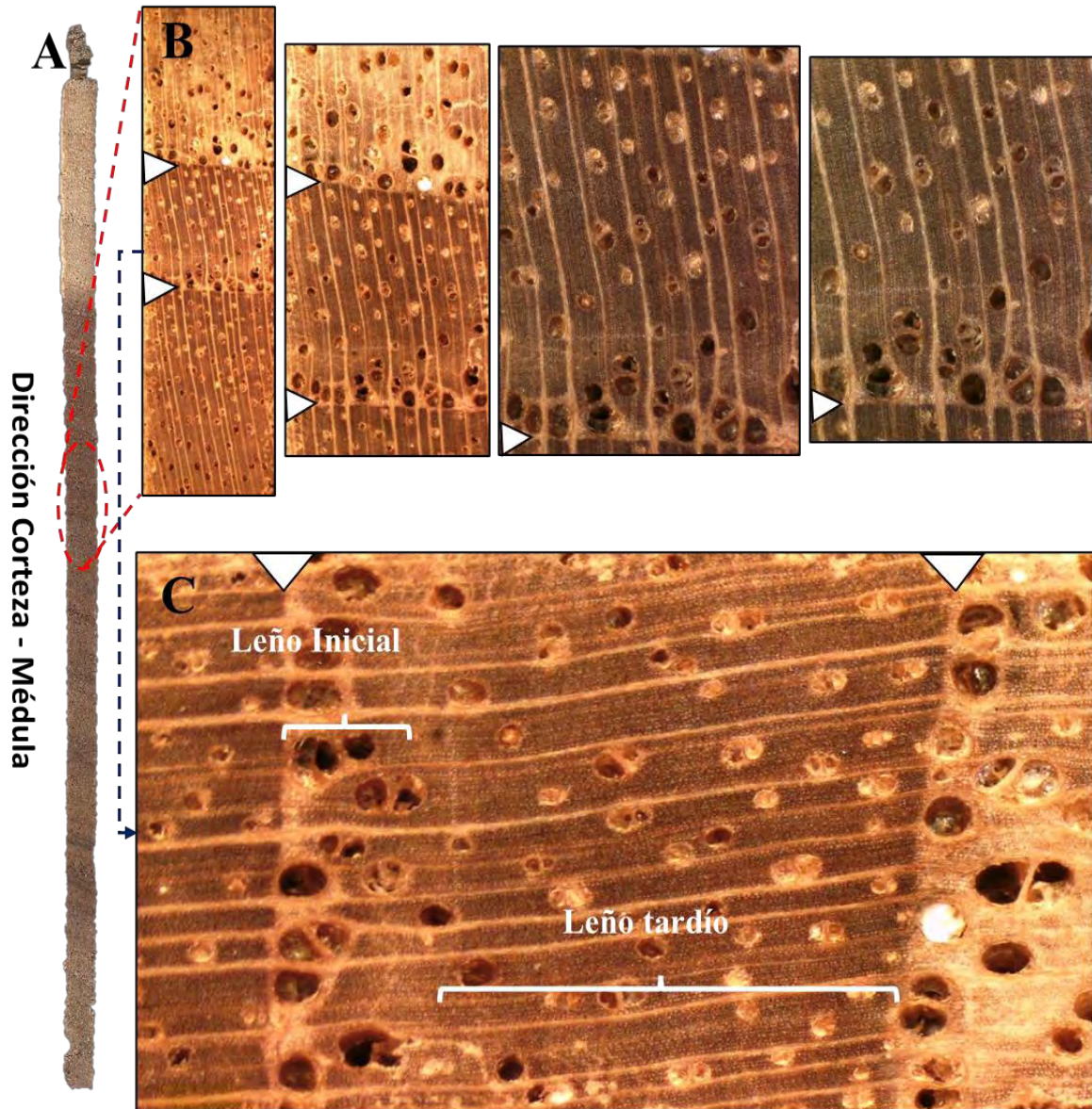


Figura 04. Imagen macroscópica de los anillos de crecimiento en el leño de la especie *Tectona grandis*. **A)** Muestra no destructiva colectada con el barreno de Pressler. **B)** Sección transversal, mostrando la marcación del anillo de crecimiento por parénquima marginal y por anillos semiporosos. **C)** Sección transversal donde se identifican el leño inicial y el leño tardío. Las flechas blancas delimitan el límite de los anillos de crecimiento de teca.

Durante el análisis de los anillos falsos en la madera de teca, se observó la presencia de líneas de parénquima marginal ligeramente más tenues que preceden al anillo verdadero. Estas líneas se presentan de manera discontinua, ya que no se encuentran de manera constante en las cuatro muestras examinadas. Además, se observaron anillos falsos compuestos principalmente por tejido parenquimático marginal denso, sin la presencia de porosidad semicircular (ver Figura 05). La incidencia de anillos falsos es notablemente mayor en la albura y durante los primeros años de vida de los árboles, especialmente en las proximidades de la médula (Venegas, 2013b; Zuñiga, 2012b). Este fenómeno revela una complejidad adicional en la estructura de los anillos de crecimiento de la teca, destacando la importancia de considerar estos anillos falsos en el análisis dendrocronológico y en la interpretación de la historia de crecimiento de los árboles de esta especie.

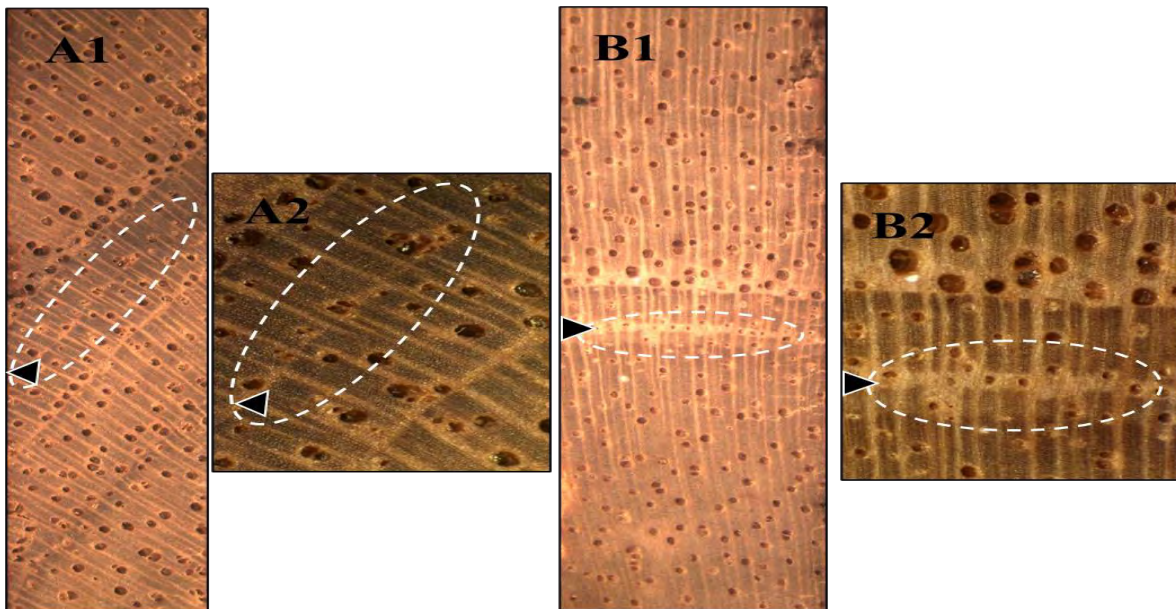


Figura 05. Anillos falsos de *Tectona grandis* L. f., **A1 y A2)** Se muestra la marcación del anillo falso caracterizado por parénquima marginal discontinuo. **B1 y B2)** Anillo de crecimiento falso, caracterizado por parénquima marginal abundante sin presencia de anillos semiporosos.

5.2 DENDROCRONOLOGÍA DE *Tectona grandis* L. f.

A través del análisis e interpretación de los datos del ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Tectona grandis* L.f. en las tres áreas de estudio, llevado a cabo mediante el uso del software COFECHA, se logró la sincronización de las series cronológicas de los doce árboles en cada zona. Los resultados de la intercorrelación para cada área de estudio mostraron valores superiores a 0.32, el cual es el umbral crítico establecido por el software COFECHA (ver Tabla 05). Esta alta correlación indica una excelente concordancia entre las series de anillos de crecimiento de los árboles individuales, lo que sugiere un buen control de calidad de las mediciones del ancho de los anillos de teca (Tabla 06). Este hallazgo refuerza la robustez y fiabilidad de los datos obtenidos, lo que a su vez fortalece la validez de los resultados obtenidos en este estudio de dendrocronología de *T. grandis*.

Tabla 05. Resultados de la dendrocronología de los árboles de *Tectona grandis* L. f. en las tres zonas de estudio de la región de Madre de Dios.

Especie	<i>Tectona grandis</i> L.f.,		
	Zona Iberia (Plantación01)	Zona Vía Rocio (Plantación02)	UNAMAD (Plantación03)
N° de árboles	12	12	12
Promedio de intercorrelación	0.456	0.482	0.409
Promedio de sensibilidad	0.368	0.357	0.365
Cronología (intervalo)	2002 - 2017	2000 - 2017	2000 - 2017
Edad máxima	16 años	18 años	18 años

Tabla 06. Resultados del control de calidad de las medidas del ancho de los anillos de crecimiento de los árboles de *Tectona grandis* L. f.

Especie	N° de árboles		Cronología (intervalo)	Edad máxima
	Antes	Después		
<i>Tectona grandis</i> Plantación 01	12 (48)	12 (43)	2002 - 2017	16 años
<i>Tectona grandis</i> Plantación 02	12 (48)	12 (42)	2000 - 2017	18 años
<i>Tectona grandis</i> Plantación 03	12 (48)	12 (41)	2000 - 2017	18 años

Tras la obtención de los datos utilizando el software COFECHA, se procedió a utilizar el software ARSTAN para generar las cronologías maestras de los anillos de crecimiento correspondientes a cada una de las tres zonas de estudio (ver Figura 06). Estos resultados corroboran hallazgos previos de estudios dendrocronológicos realizados en Perú (Zuñiga, 2012b) y Brasil (Moya et al., 2009; Oliveira, 2011b; Venegas, 2013b), donde se ha observado que la especie *T. grandis* presenta características anatómicas sólidas y una notable intercorrelación entre sus anillos de crecimiento. Este hallazgo respalda la consistencia y fiabilidad de los datos obtenidos en este estudio y contribuye a la comprensión más profunda de la dinámica de crecimiento de la teca en estas regiones específicas.

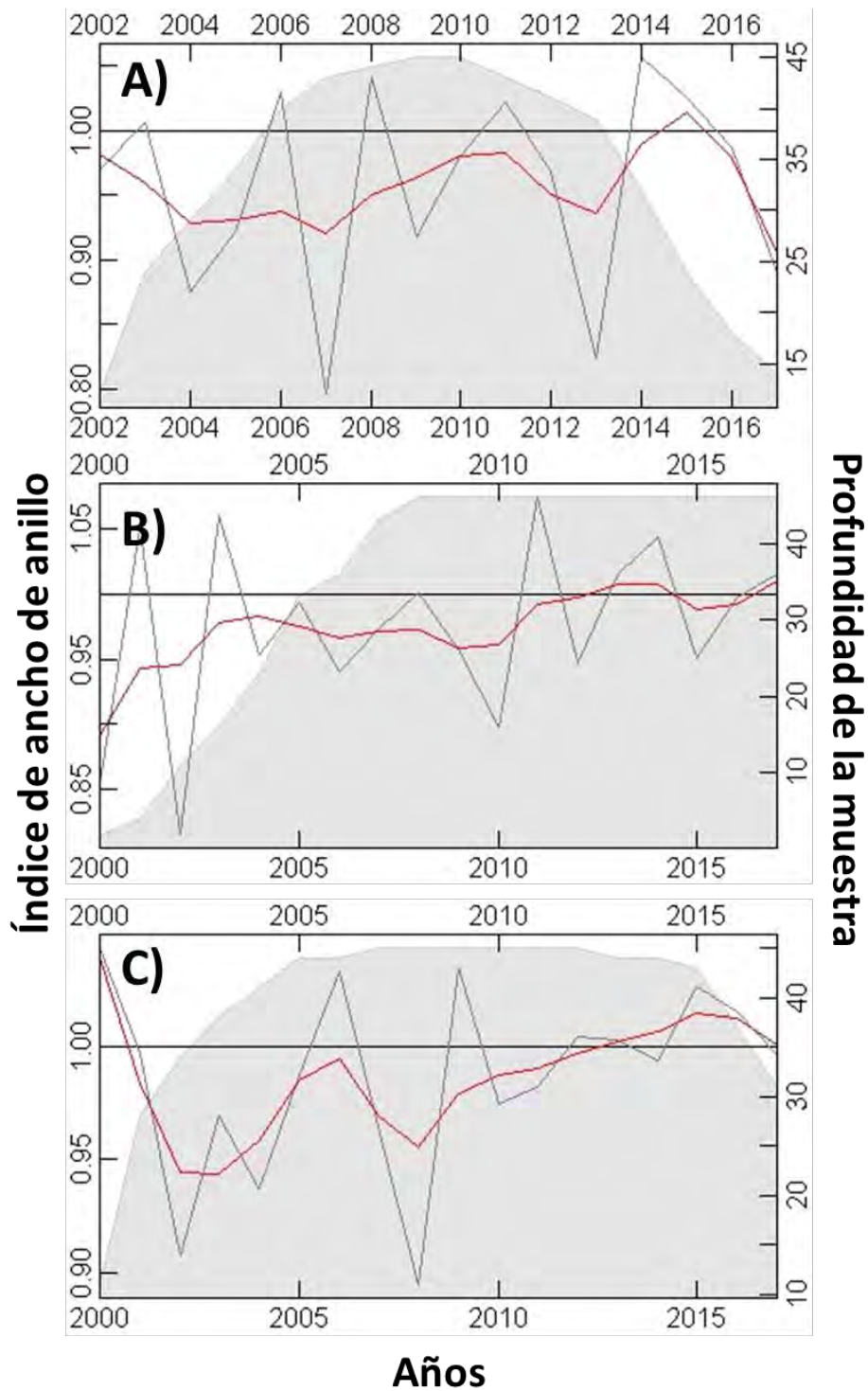


Figura 06. Serie cronológica master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de los árboles de *Tectona grandis* L. f. **A)** Zona de Iberia. **B)** Zona Vía Rocío. **C)** Zona Vivero UNAMAD.

Según la Figura 06, podemos constatar que las plantaciones en las tres zonas investigadas tienen una edad que oscila entre los 16 y 18 años. Es importante destacar que estas plantaciones de teca posiblemente sean unas de las más longevas en la región de Madre de Dios. De estas experiencias, se derivan lecciones valiosas que deben ser tomadas en consideración para el establecimiento de futuras plantaciones en la zona.

5.3 INCREMENTO RADIAL DE *Tectona grandis* L. f.

En las tres zonas de estudio examinadas, se pudo apreciar una diversidad significativa en el ancho de los anillos de crecimiento de los 36 árboles de *Tectona grandis* que fueron objeto de evaluación. Esta variación abarcó un amplio espectro, reflejando la edad de los árboles en cuestión. En este sentido, se encontró que el árbol más joven tenía una edad de 16 años, mientras que el más longevo registró una edad de 18 años (Figura 07). Este amplio rango de edades dentro de la muestra proporciona una visión más completa y detallada de la dinámica de crecimiento radial de la especie en las diferentes condiciones ambientales presentes en las zonas estudiadas.

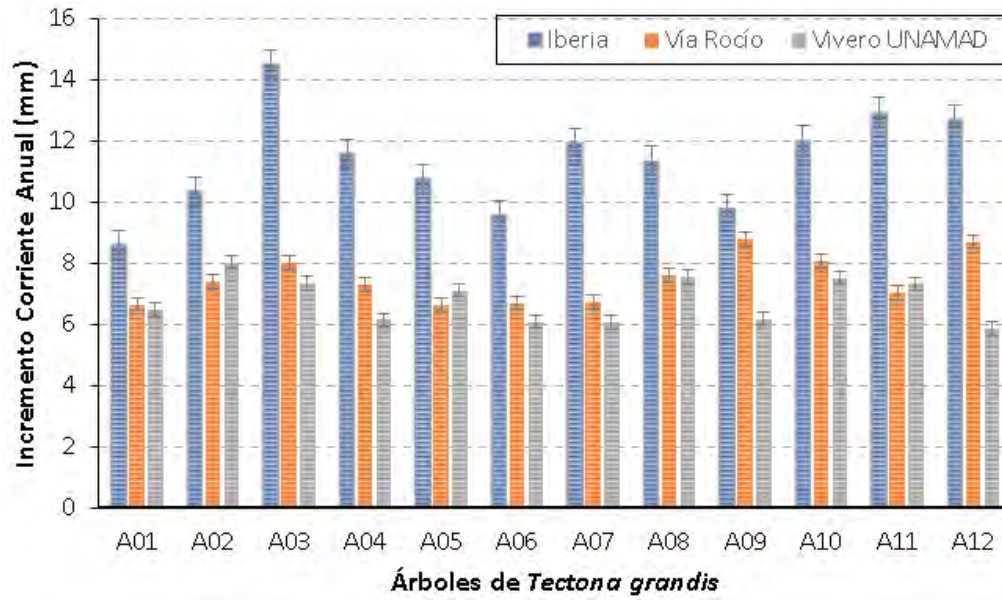


Figura 07. Incremento corriente anual (ICA) de los treinta y seis árboles de *Tectona grandis* L.f., de las tres zonas de estudios.

La variación en el diámetro a la altura del pecho (DAP) en la zona de Iberia osciló entre 10.2 y 57.7 cm, mientras que en la zona de Vía Rocío esta variación fue de 10.5 a 44 cm. Por último, en la zona del Vivero UNAMAD, los valores de DAP fluctuaron entre 13.5 y 37 cm. A pesar de la disparidad en los diámetros, los árboles de *T. grandis* exhibieron un patrón de crecimiento similar, a pesar de su variada edad (ver Figura 08).

El incremento radial observado en las tres zonas estudiadas, con un total de 36 árboles evaluados, mostró valores promedio, mínimo y máximo de 1.25, 0.69 y 1.87 cm/año, respectivamente. Es interesante destacar que la plantación de teca en Iberia, con sus 12 árboles, demostró el mayor crecimiento radial, mientras que la zona del vivero UNAMAD exhibió el menor crecimiento radial (Tabla 07). Este

análisis proporciona información valiosa sobre la dinámica de crecimiento de *T. grandis* en diferentes condiciones ambientales, lo que puede ser fundamental para la planificación y gestión adecuada de futuras plantaciones en la región.

Tabla 07. Resultados del Incremento radial de *Tectona grandis*.

Zonas	Promedio cm/año	Mínimo cm/año	Máximo cm/año
<i>Iberia</i>			
Plantación 01	1.64	0.96	2.43
<i>Vía Rocío</i>			
Plantación 02	1.21	0.49	1.84
<i>Vivero UNAMAD</i>			
Plantación 03	0.91	0.63	1.35
Promedio	1.25	0.69	1.87

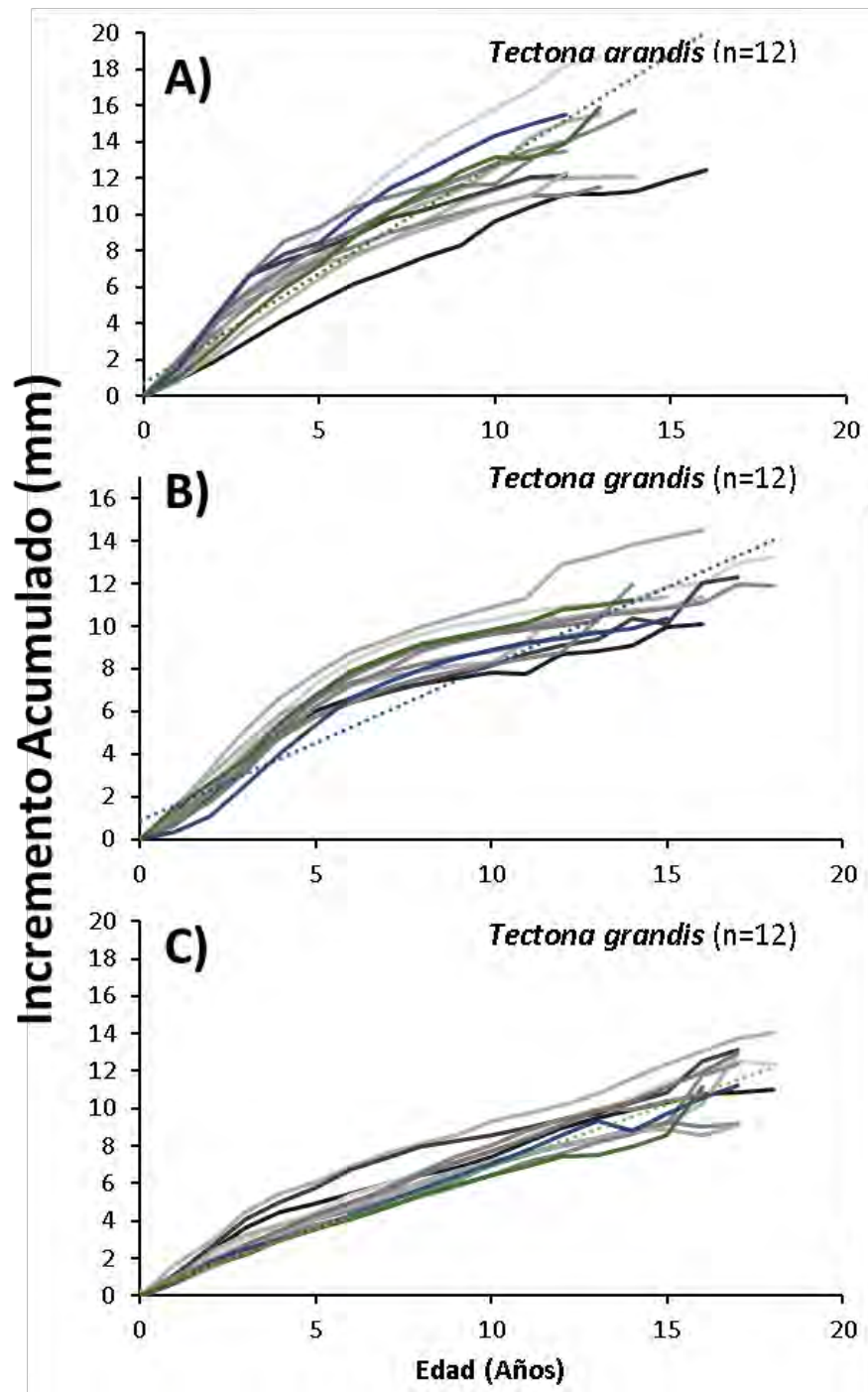


Figura 08. Incremento en diámetro acumulado de los troncos de los árboles de *Tectona grandis* L. f. **A)** Zona de Iberia. **B)** Zona de Vía Rocío. **C)** Zona del Vivero UNAMAD.

Es importante señalar que el crecimiento radial de los árboles de teca en las tres zonas podría haber sido más significativo si los propietarios de las plantaciones hubieran implementado un manejo silvicultural adecuado, como la poda y el raleo, que son prácticas conocidas por su capacidad para mejorar el crecimiento de la teca. Según Mollinedo, Herrera, & Muñoz (2016), la demora en la aplicación de estos tratamientos silviculturales, especialmente el raleo y la poda, son factores clave que influyen en el desarrollo de la especie de teca. Estos hallazgos están en línea con los de Zuñiga (2012), quien destaca que los tratamientos silviculturales pueden generar una respuesta positiva en términos de incremento del crecimiento tanto a nivel individual como en el conjunto del rodal de teca. En otras palabras, la plantación responde de manera efectiva a prácticas de raleo realizadas en el momento oportuno.

También es relevante mencionar que la composición de las plantaciones varió entre las diferentes zonas de estudio. Por ejemplo, en la zona de Iberia, la plantación estaba asociada con árboles de *Hevea brasiliensis*, mientras que en Vía Rocío se trató de una plantación pura de teca. Por otro lado, en el Vivero UNAMAD, los árboles formaban un cerco vivo. Estas diferencias podrían haber influido en el crecimiento promedio observado en cada zona de estudio, lo que sugiere la importancia de considerar el contexto específico de cada plantación al analizar el crecimiento de la teca.

En comparación con un estudio de evaluación de crecimiento realizado por González (2017) en la ciudad de Santiago de Cuba, Cuba, se examinaron dos

plantaciones de *Tectona grandis* con edades de cinco y trece años. En este estudio, se encontró que la estimación del crecimiento, expresada como el incremento medio anual en el diámetro, fue de 1.4 y 1.6 cm/año, respectivamente. Estos valores guardan una notable similitud con los observados en la zona de estudio de Iberia, donde el promedio fue de 1.64 cm/año.

5.4 RELACIÓN CLIMA – CRECIMIENTO DE *Tectona grandis* L. f.

El crecimiento en diámetro de los 36 árboles de *Tectona grandis* no mostró una relación directa con el clima local en las zonas de estudio, particularmente en cuanto a las variaciones de temperatura y precipitación (ver Figura 09).

En la zona de Iberia, se observaron dos correlaciones negativas significativas entre la cronología y la precipitación en los meses de enero ($r=-0.51$; $p<0.05$) y marzo ($r=-0.56$; $p<0.05$), así como una ligera tendencia positiva pero no significativa en los meses de julio, agosto y setiembre. Por otro lado, en la zona de Vía Rocío, se encontró una correlación negativa significativa entre la cronología y la precipitación en el mes de noviembre ($r=-0.58$; $p<0.05$). Finalmente, en la zona del Vivero UNAMAD, se registró una correlación positiva y significativa entre la cronología y la precipitación en el mes de marzo ($r=0.57$; $p<0.05$), así como una correlación positiva y significativa entre la cronología y la temperatura en el mes de mayo ($r=0.57$; $p<0.05$) (ver Figura 09).

Aunque investigaciones previas en América del Sur sobre dendrocronología han indicado que la precipitación puede representar un factor restrictivo en el crecimiento de las especies forestales autóctonas, (Latorraca et al., 2015; Oliveira, 2011b; Venegas, 2013b; Zuñiga, 2012b), en el caso de *T. grandis* en la región de Madre de Dios, no se observa una relación estrecha con la precipitación como factor limitante. En cambio, parece que la especie muestra un mejor crecimiento después de la época de lluvias.

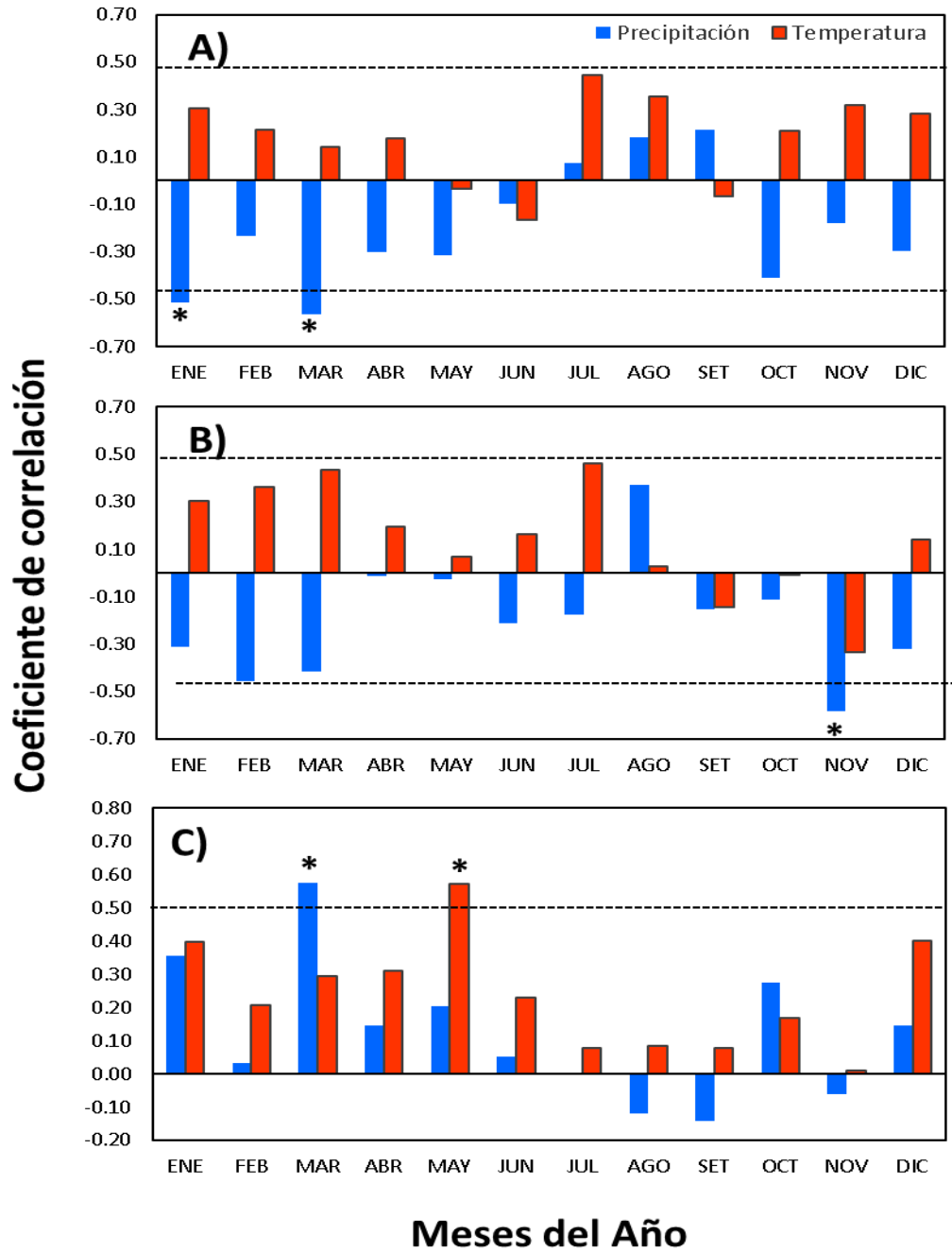


Figura 09. Sensibilidad climatológica de la cronología de *Tectona grandis* L. f., con la precipitación media mensual y la temperatura del aire (*) Denota significancia de 0.05. **A)** Zona de Iberia. **B)** Zona de Vía Rocío. **C)** Zona del Vivero UNAMAD.

5.5 RELACIÓN EL CRECIMIENTO DE *Tectona grandis* L.f., Y LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR SST.

Este estudio se llevó a cabo en tres localidades distintas, donde la relación entre las cronologías de crecimiento de los anillos de *Tectona grandis* y las temperaturas de la superficie del mar (SST) resulta fundamental para entender cómo interactúan el crecimiento arbóreo y las condiciones oceánicas (Figura 10). Estos análisis arrojan luz sobre la influencia climática en el desarrollo de la especie, destacando patrones de respuesta ante las variaciones en las SST.

La Figura 10 ilustra las correlaciones espaciales entre la cronología del ancho de los anillos de *T. grandis* y las temperaturas globales de la superficie del mar (SST). Este análisis se realizó durante la temporada de lluvias en la región de Madre de Dios, comprendida entre noviembre a marzo, durante el período de 2000 a 2017.

Se puede observar que las tres plantaciones exhibieron respuestas diversas ante las variaciones de la SST. Mientras que todas muestran correlaciones mayormente positivas en el océano Pacífico y en la zona del vivero UNAMAD, la plantación en la zona del océano Atlántico presenta correlaciones negativas más pronunciadas. Además, tanto en la zona de Iberia como en Villa Rocío, se observaron estas correlaciones en áreas donde ocurre el fenómeno de El Niño.

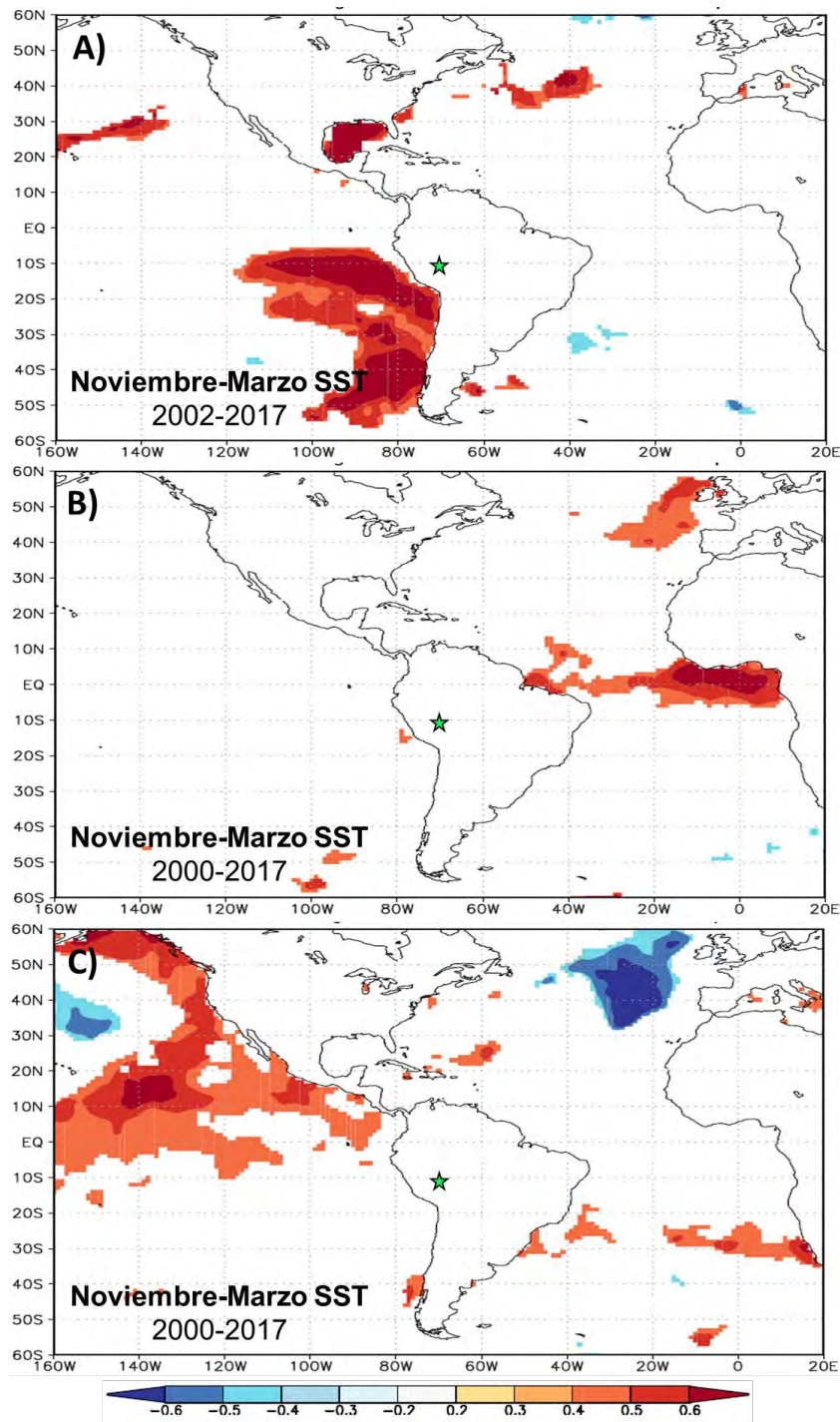


Figura 10: Patrones de correlación espacial entre la cronología maestra de *Tectona grandis* L.F. y las temperaturas de la superficie del mar (SST) en los océanos Pacífico y Atlántico de noviembre a marzo (2000-2017), para las tres zonas de estudio. A) Zona de Iberia. B) Zona de Vía Rocío. C) Zona del Vivero UNAMAD. Los colores representan coeficientes de correlación de Pearson. Los cálculos se realizaron mediante KNMI Climate Explorer (<https://climexp.knmi.nl>). El sitio de muestreo está indicado con una estrella de color verde.

Los estudios de dendrocronología han revelado la influencia de la temperatura de la superficie del mar (SST) en el crecimiento de especies arbóreas tropicales (Aragão et al., 2019; Layme et al., 2018; Menezes et al., 2022; Portal-Cahuana et al., 2023; Requena et al., 2020). Estos análisis han evidenciado la sensibilidad del crecimiento de los árboles a los factores climáticos locales y a las teleconexiones con las SST del Pacífico y Atlántico. La variabilidad de la temperatura ha sido identificada como un factor influyente en los anillos de crecimiento de estas especies (Aragão et al., 2022; Locosselli et al., 2019; Menezes et al., 2022), hallazgos que coinciden con los obtenidos en esta investigación. Estos resultados subrayan la importancia de comprender la relación entre variables climáticas como la temperatura y la precipitación, y el crecimiento de especies arbóreas tropicales a través de estudios dendrocronológicos.

5.6 RELACIÓN EL FENÓMENO EL NIÑO – CRECIMIENTO DE *Tectona grandis* L. f.

A continuación, se presenta los resultados de por plantaciones de *T. grandis* versus el fenómeno El Niño (Tabla 08).

Tabla 08. Resultados simplificados de la regresión lineal entre la cronología de *T. grandis* proveniente de la zona de Iberia versus el fenómeno El Niño.

Índice de El Niño	Coefficiente Teca Iberia	Error Estándar	Valor t	Valor p
El Niño 1.2	1.9881	0.8102	2.454	0.0278 *
El Niño 3	1.4243	0.8865	1.607	0.13
El Niño 3.4	0.6104	1.2107	0.504	0.622
El Niño 4	0.763	1.203	0.634	0.536

Los valores de "Valor p" indican si la relación entre la cronología de Teca Iberia y las regiones específicas del Océano Pacífico donde se monitorean las temperaturas de la superficie del mar para evaluar la aparición y la intensidad del fenómeno de El Niño respectiva es estadísticamente significativa (* significativo si $p < 0.05$).

Estos resultados muestran los coeficientes de regresión estimados para la variable *T. grandis* proveniente de la zona de Iberia en relación con las diferentes intensidades del fenómeno de El Niño. Los valores de "Valor p" indican si la relación entre la cronología de Teca Iberia y las intensidades de El Niño respectivas es estadísticamente significativa (* significativo si $p < 0.05$).

Basándonos en los resultados de las regresiones lineales entre la cronología de Teca Iberia y las intensidades de El Niño, podemos interpretar cómo el fenómeno de El Niño podría afectar el crecimiento de la Teca Iberia:

Para El Niño 1.2, se observa una relación significativa y positiva entre la cronología de Teca Iberia y el Niño 1.2 (Figura 10/A). Esto sugiere que durante los períodos de El Niño más intensos (indicados por valores altos en el índice 1.2), es probable que la Teca experimente un crecimiento más marcado.

Es probable que las condiciones climáticas asociadas con El Niño 1.2, como temperaturas más cálidas y patrones de precipitación alterados, afecten positivamente el crecimiento de la Teca Iberia, ya que es una especie que prospera en climas cálidos y húmedos.

Sobre El Niño 3, 3.4 y 4, no se encontraron relaciones significativas entre la cronología de *T. grandis* proveniente de la zona de Iberia en relación con las diferentes intensidades del fenómeno de El Niño (Figura 10/A). Esto sugiere que los eventos de El Niño en las regiones del Pacífico central y oriental no tienen un impacto claro y directo en el crecimiento de la Teca Iberia.

Aunque no hay una relación estadísticamente significativa, no se puede descartar por completo el impacto del fenómeno de El Niño en la Teca Iberia. Otros factores, como la variabilidad local del clima y las condiciones del suelo, podrían influir en el crecimiento de la Teca Iberia durante períodos de El Niño en estas regiones.

Los resultados sugieren que el crecimiento de la Teca Iberia puede verse positivamente afectado durante los eventos de El Niño más intensos, particularmente en regiones donde el fenómeno El Niño 1.2 tiene una influencia

significativa en el clima. Sin embargo, en otras regiones donde El Niño no tiene un impacto tan marcado, su influencia en el crecimiento de la Teca Iberia puede ser menos pronunciada o incluso insignificante.

Tabla 09. Resultados simplificados de la regresión lineal entre la cronología de *T. grandis* proveniente de la zona Vía Rocío versus el fenómeno El Niño.

Índice de El Niño	Coefficiente Teca Iberia	Error Estándar	Valor t	Valor p
El Niño 1.2	1.5427	0.6377	36.181	<2e-16
El Niño 3	1.5067	0.6173	39.900	<2e-16
El Niño 3.4	0.6287	0.8647	29.85	1.86e-15
El Niño 4	-0.3903	0.8647	29.907	1.8e-15

Los valores de "Valor p" indican si la relación entre la cronología de Teca Vía Rocío y las regiones específicas del Océano Pacífico donde se monitorean las temperaturas de la superficie del mar para evaluar la aparición y la intensidad del fenómeno de El Niño respectiva es estadísticamente significativa (* significativo si $p < 0.05$).

Referente a Villa Rocío, para El Niño 1+2, el coeficiente de regresión es positivo y significativo (p -valor = 0.0355). Esto sugiere que un aumento en la intensidad del fenómeno de El Niño, por El Niño 1+2 (Figura 10/B), se asocia con un aumento en el crecimiento de Teca Villa Rocío. Por lo tanto, en períodos de El Niño más intenso, es probable que veamos un mayor crecimiento en la especie Teca Villa Rocío.

Respecto a El Niño 3, similar a El Niño 1+2, el coeficiente de regresión es positivo y significativo (p -valor = 0.0341). Esto indica que un aumento en la intensidad del fenómeno de El Niño, según El Niño 3, está relacionado con un

aumento en el crecimiento de Teca Villa Rocío (Figura 10/B). Nuevamente, períodos de El Niño más fuertes pueden llevar a un crecimiento más robusto de la especie Teca Villa Rocío.

Sobre El Niño 3.4 y El Niño 4, en contraste, los coeficientes de regresión para estos índices no son significativos (p-valores = 0.5 y 0.674 respectivamente). Esto sugiere que no hay una relación clara entre la intensidad del fenómeno de El Niño (Figura 10/B), según estos índices, y el crecimiento de Teca Villa Rocío. En otras palabras, la intensidad de El Niño medida por estos índices no parece influir significativamente en el crecimiento de la especie Teca Villa Rocío.

Los resultados sugieren que El Niño1+2 y El Niño 3 son buenos indicadores del impacto del fenómeno de El Niño en el crecimiento de la especie Teca Villa Rocío. Un aumento en la intensidad de El Niño, según estos índices, está asociado con un mayor crecimiento de Teca Villa Rocío. Sin embargo, los índices El Niño 3.4 y El Niño 4 no muestran una relación significativa con el crecimiento de Teca Villa Rocío, lo que sugiere que pueden no ser indicadores confiables del impacto de El Niño en esta plantación en particular.

Tabla 10. Resultados simplificados de la regresión lineal entre la cronología de *T. grandis* proveniente de la zona del Vivero UNAMAD versus el fenómeno El Niño.

Índice de El Niño	Coefficiente Teca Iberia	Error Estándar	Valor t	Valor p
El Niño 1.2	0.2419	0.8712	0.278	0.785
El Niño 3	0.04974	0.84713	0.059	0.954
El Niño 3.4	1.559	0.9664	1.613	0.126
El Niño 4	1.6492	0.9469	1.742	0.101

Los valores de "Valor p" indican si la relación entre la cronología de Teca Vivero UNAMAD y las regiones específicas del Océano Pacífico donde se monitorean las temperaturas de la superficie del mar para evaluar la aparición y la intensidad del fenómeno de El Niño respectiva es estadísticamente significativa (* significativo si $p < 0.05$).

Sobre El Niño 1.2, el coeficiente de regresión no es significativo (p-valor = 0.7848). Esto sugiere que no hay evidencia suficiente para afirmar que un aumento en la intensidad del fenómeno de El Niño, medido para El Niño 1+2 (Figura 10/C), se asocia con un cambio apreciable en el crecimiento de la especie Teca Vivero UNAMAD. En otras palabras, la intensidad del fenómeno de El Niño medida por este índice no parece influir significativamente en el crecimiento de la especie Teca Vivero UNAMAD.

Ahora para El Niño 3, el coeficiente de regresión tampoco es significativo (p-valor = 0.9539). Esto indica que no hay una relación clara entre la intensidad del fenómeno de El Niño, según el índice de El Niño 3 (Figura 10/C), y el crecimiento de Teca Vivero UNAMAD. En períodos de El Niño más fuertes, no se observa un cambio significativo en el crecimiento de la especie Teca Vivero UNAMAD.

Finalmente, para El Niño 3.4 y El Niño 4, al igual que en los casos anteriores, los coeficientes de regresión para estos índices no son significativos (p-valores = 0.1263 y 0.1008 respectivamente). Esto sugiere que la intensidad del fenómeno de El Niño, medida por los índices de El Niño 3.4 y 4, no muestra una relación significativa con el crecimiento de Teca Vivero UNAMAD. En otras palabras, estos índices no parecen ser buenos indicadores del impacto del fenómeno de El Niño en el crecimiento de la especie Teca Vivero UNAMAD.

Los resultados sugieren que ninguno de los índices de El Niño considerados es un buen indicador del impacto del fenómeno de El Niño en el crecimiento de la especie Teca Vivero UNAMAD. No se encontró evidencia significativa que sugiera una relación entre la intensidad del fenómeno de El Niño y el crecimiento de esta plantación en particular.

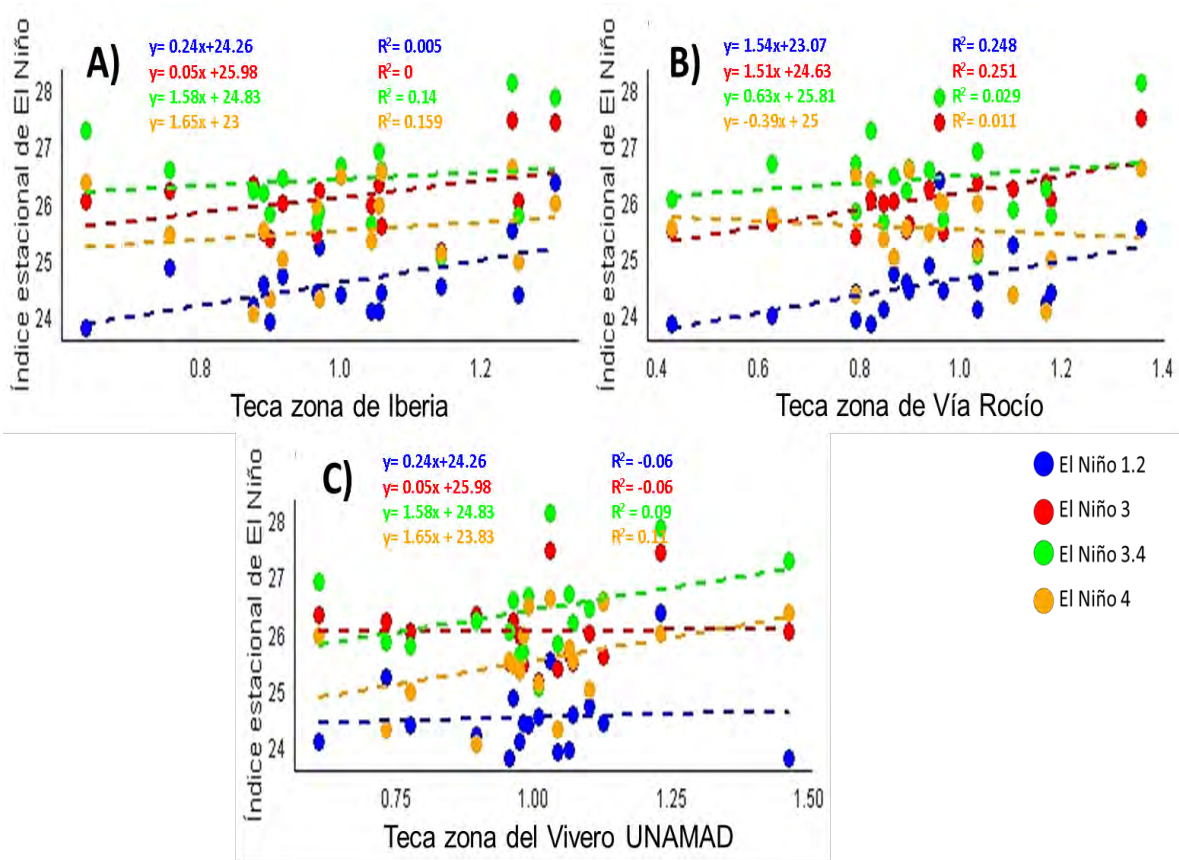


Figura 11. Relación entre el fenómeno El Niño vs crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis*. Se muestra regresiones lineales entre las cronologías de ancho de anillos y las regiones específicas del Océano Pacífico del fenómeno de El Niño. Se muestran las ecuaciones de regresión y valor de R cuadrado ($p < 0,05$).

Los resultados presentados aquí corroboran la evidencia previa que sugiere la influencia significativa del fenómeno de El Niño en el crecimiento de los árboles tropicales. Estudios anteriores han demostrado que la Oscilación Austral (ENOS) de El Niño, junto con los patrones locales de precipitación, puede ejercer un impacto directo en la dinámica de crecimiento de los árboles en los bosques tropicales (Köhl et al., 2022). Por ejemplo, investigaciones sobre *Cedrela odorata* en Surinam han

revelado una clara asociación entre los índices de ENOS, las precipitaciones y el crecimiento de estos árboles durante ciertos meses del año.

Además, la literatura científica ha documentado cómo los fenómenos climáticos extremos asociados con El Niño, como las sequías, pueden tener efectos diferenciados en diversas especies arbóreas del sudeste asiático. Algunas especies muestran una mayor mortalidad y un menor crecimiento durante los períodos de sequía, lo que resalta la importancia de comprender la respuesta individual de cada especie a los cambios climáticos (Axelsson et al., 2021). Este hallazgo es relevante, ya que las sequías inducidas por El Niño pueden afectar la dinámica de las plántulas en los bosques tropicales estacionalmente secos, con efectos distintos entre las especies caducifolias y perennes (Marod et al., 2004). Además, eventos extremos de El Niño, como el ocurrido en Panamá, han resultado en un aumento significativo de la mortalidad de plántulas, especialmente en especies sensibles a la sequía y en bosques con mayor humedad (Browne et al., 2021).

La hipótesis del flujo de energía solar y eólica proporciona una perspectiva interesante sobre cómo los árboles tropicales pueden responder al fenómeno de El Niño. Según esta hipótesis, el influjo de energía física que precede al desarrollo de El Niño puede desencadenar una respuesta en los árboles, aumentando la asignación de recursos a la reproducción como una estrategia adaptativa para mantener la viabilidad de la especie (Hogan et al., 2019).

En conjunto, estos hallazgos resaltan la compleja interacción entre El Niño y el crecimiento de los árboles tropicales, subrayando la importancia de considerar no solo los efectos directos del fenómeno climático, sino también las respuestas diferenciadas de las especies arbóreas y los factores ambientales locales en la gestión y conservación de los bosques tropicales.

CONCLUSIONES

1. La caracterización de los anillos de crecimiento de *Tectona grandis* revela una anatomía distintiva y fácilmente identificable, con anillos marcados por parénquima marginal y áreas semiporosas. Esta descripción coincide con hallazgos previos, fortaleciendo el entendimiento de la estructura anatómica de la especie. Además, la presencia de anillos falsos enfatiza la complejidad de su estructura, resaltando la importancia de considerarlos en análisis dendrocronológicos.
2. El análisis dendrocronológico de *Tectona grandis* en tres áreas de estudio muestra una alta correlación entre las series de anillos individuales, validando la calidad de los datos obtenidos. Las cronologías maestras confirman la consistencia anatómica de la especie y su robusta intercorrelación entre anillos de crecimiento, respaldando los resultados obtenidos en este estudio.
3. El estudio del incremento radial revela una diversidad significativa en el ancho de los anillos, reflejando la edad de los árboles y proporcionando una visión detallada de su dinámica de crecimiento. A pesar de variaciones en el diámetro, se observa un patrón de crecimiento similar en diferentes condiciones ambientales, destacando la importancia del manejo silvicultural para optimizar el crecimiento.
4. La relación entre el clima local y el crecimiento de *Tectona grandis* muestra resultados variados en las diferentes zonas de estudio. Mientras que no se

observa una relación directa en algunas áreas, en otras se registran correlaciones significativas entre la cronología de crecimiento y la precipitación o temperatura, indicando una influencia climática más marcada.

5. El crecimiento de *Tectona grandis* está influenciado de manera significativa por la temperatura de la superficie del mar (SST), mostrando una variabilidad en la respuesta según la región. Las plantaciones en el océano Pacífico y en el vivero UNAMAD presentan correlaciones positivas con la SST, sugiriendo un efecto favorable, mientras que en la zona del océano Atlántico se observan correlaciones negativas, indicando posibles condiciones adversas. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar la SST y los fenómenos climáticos extremos, como El Niño, en la gestión y conservación de las plantaciones de *T. grandis*.

6. El análisis de la relación entre el fenómeno de El Niño y el crecimiento de *Tectona grandis* revela que ciertas intensidades del fenómeno pueden estar asociadas con un mayor crecimiento en algunas áreas de estudio, mientras que en otras no se observa una relación clara. Estos resultados resaltan la importancia de considerar factores locales y regionales al evaluar el impacto del clima en el crecimiento de la especie.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más colectas en otras plantaciones de *Tectona grandis* en la región de Madre de Dios, con el fin de conocer las variaciones en el crecimiento de esta especie en diferentes zonas y así planificar mejor las plantaciones.

Además, para futuros estudios, se sugiere llevar a cabo análisis de suelo en las plantaciones para determinar las relaciones con este factor y poder interpretar mejor los resultados.

Finalmente, cuando se aprovechen las plantaciones de *T. grandis*, se recomienda extraer muestras de madera en rodajas para un análisis detallado, así como probetas de madera para realizar estudios tecnológicos. Esto permitirá determinar el uso más adecuado de la madera según la edad de la plantación forestal.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvis, J. F. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayan. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, grupo de Investigación TULL. U*, 7(1), 115-122.
- Axelsson, E., Franco, F., Lussetti, D., Grady, K., & Ilstedt, U. (2021). Mega El Niño's change the playing field for culturally important tree species and hence the foundation for human-nature interactions in tropical forests. *Trees, Forests and People*, 5, 100109. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100109>
- Barbosa, A. C., Pereira, G., Granato, D., Santos, R. M., & Fontes, M. A. (2018). Tree rings and growth trajectories of tree species from seasonally dry tropical forest. *Australian Journal of Botany*, 66(5), 414. <https://doi.org/10.1071/BT17212>
- Bauer, D., Schmitt, J. L., & Oliveira, J. M. (2020). Xylem growth rings and leaf phenological patterns in tree species of a subtropical seasonal forest. *Acta Botanica Brasílica*, 34(4), 680-693. <https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0395>
- Borges, S. (2020). *Identificação macroscópica de madeiras comerciais do estado de São Paulo* (Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, Instituto Florestal).
- Brienen, R., P.A., & During, H. J. (2006). Autocorrelated growth of tropical forest trees: Unraveling patterns and quantifying consequences. *Forest Ecology and Management*, 237(1-3), 179-190. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.09.042>
- Brienen, R. W., Lebrija, E., Acevedo, M., Pérez, E. A., Bongers, F., Meave, J. A., & Martínez, M. (2009). The Potential of Tree Rings for the Study of Forest Succession in Southern Mexico. *Biotropica*, 41(2), 186-195. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00462.x>

- Browne, L., Markesteijn, L., Engelbrecht, B. M. J., Jones, F. A., Lewis, O. T., Manzané-Pinzón, E., Wright, S. J., & Comita, L. S. (2021). Increased mortality of tropical tree seedlings during the extreme 2015–16 El Niño. *Global Change Biology*, 27(20), 5043-5053. <https://doi.org/10.1111/gcb.15809>
- Cook, E. (1985). *A time series analysis approach to tree ring standardization* [University of Arizona]. <http://ltrr.arizona.edu/sites/ltrr.arizona.edu/files/bibliodocs/CookER-Dissertation.pdf>
- Deepak, M., & Vijendra, R. (2010). Tree-ring analysis of teak (*Tectona grandis* L. f.) from Western Ghats of India as a tool to determine drought years. *Emirates Journal of Food and Agriculture (EJFA)*, 22(5), 388-397.
- Felfili, C., Nunes, C., Artiaga, S., Paixão, E., Junk, W. J., & Schöngart, J. (2018). Dendrochronological records of a pioneer tree species containing ENSO signal in the Pantanal, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 41(1), Article 1. <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0434-8>
- Ferreira, C., & Inga, G. (2022). *Guía de anatomía e identificación de 50 especies maderables comerciales en Selva Central, Perú*. Universidad Continental.
- Fritts, H. C. (1974). Relationships of Ring Widths in Arid-Site Conifers to Variations in Monthly Temperature and Precipitation. *Ecological Monographs*, 44(4), 411-440. <https://doi.org/10.2307/1942448>
- Gil, J., Barboza, F., Coneglian, A., Stte, C., Silva, F., & Moraes, M. D. A. D. (2018). Características físicas e anatômicas da madeira de *Tectona grandis* L.f. Aos 7 anos de idade. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(2), 529-538. <https://doi.org/10.19084/RCA17149>
- GOREMAD. (2001). *Propuesta de Zonificación Ecológica Económica del departamento de Madre de Dios*. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. http://repositorio.iiap.org.pe/bitstream/IIAP/143/2/Rodriguez_libro_2001.pdf

- Groenendijk, P., Sass-Klaassen, U., Bongers, F., & Zuidema, P. A. (2014). Potential of tree-ring analysis in a wet tropical forest: A case study on 22 commercial tree species in Central Africa. *Forest Ecology and Management*, 323, 65-78. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.037>
- Guariguata, M. R., Arce, J., Ammour, T., & Capella, J. L. (2017). *Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro*. Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/006461>
- Gutiérrez, M. (2009). *La dendrocronología: Métodos y aplicaciones*.
- Hogan, J., Nytch, C., Bithorn, J., & Zimmerman, J. (2019). Proposing the solar-wind energy flux hypothesis as a driver of inter-annual variation in tropical tree reproductive effort. *American Journal of Botany*, 106(11), 1519-1525. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1380>
- Holmes, R. L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-ring bulletin*.
- IAWA. (1989). *COMMITTEE. List of microscopic features of hardwood identification* (Vol. 3). IAWA Buletinl.
- Imaña, J., & Encinas, O. (2008). *EPIDOMETRIA FORESTAL* (Universidade de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales).
- Keogh, R. M. (1996). *The future of teak and the high-grade tropical handbook sector*. Planted Forests and Trees Working Paper Series.
- Köhl, M., Lotfiomran, N., & Gauli, A. (2022). Influence of Local Climate and ENSO on the Growth of *Cedrela odorata* L. in Suriname. *Atmosphere*, 13(7), 1119. <https://doi.org/10.3390/atmos13071119>
- Köppen, W. (1948). *Climatología: Con un estudio de los climas de la tierra*.
- Latorraca, J. V. de F., Souza, M. T. de, Silva, L. D. S. A. B. da, & Ramos, L. M. A. (2015). DENDROCRONOLOGIA DE ÁRVORES DE *Schizolobium*

- parahyba(Vell.) S. F. Blake DE OCORRÊNCIA NA REBIO DE TINGUÁ-RJ. *Revista Árvore*, 39(2), 385-394. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200018>
- Lima, I., Florsheim, S., & Longui, E. (2009). INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO EM ALGUMAS PROPRIEDADES FISICASL IDMAA, I. L. de et al. MADEIRA DE *Tectona grandis* Linn. *CERNE*, 15(2), 244-250.
- Lopes, J. de O., Garcia, R. A., Nascimento, A. M. do, & Latorraca, J. V. de F. (2014). Uniformização da cor da madeira jovem de teca pela termorreificação. *Revista Árvore*, 38(3), 561-568. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000300019>
- Marod, D., Kutintara, U., Tanaka, H., & Nakashizuka, T. (2004). Effects of drought and fire on seedling survival and growth under contrasting light conditions in a seasonal tropical forest. *Journal of Vegetation Science*, 15(5), 691-700. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02311.x>
- Mollinedo, M. S., Herrera, M. A., & Muñoz, F. (2016). Caracterización del crecimiento de plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* Linn f.) y estimación de curvas de índice de sitio en el área septentrional de la República de Guatemala. *Madera y Bosques*, 89-103.
- Montesinos, S. (2017). *Crecimiento de Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales mediante el análisis de los anillos de crecimiento* [Tesis de grado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/277/004-2-3-057.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moya, R., Berrocal, A., Serrano, J. R., & Tomazello Fo, M. (2009). Radial variation of anatomical features, wood density and decay resistance in teak (*Tectona grandis*) from two qualities of growing sites and two climatic regions of Costa Rica. *Forest Systems*, 18(2), 119. <https://doi.org/10.5424/fs/2009182-01055>
- NTP N°251.008. (2016). *Maderas. Selección y Colección de Muestras*.

- Oliveira, B. (2011a). *Dendrocronologia e análise da variação radial da densidade do lenho de árvores de Tectona grandis L.f., do município de Cáceres, MT* [Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro]. [http://r1.ufrj.br/wp/ppgcaf/wp-content/uploads/Versao%20final_dissertacaoBrunaOliveira\[1\].pdf](http://r1.ufrj.br/wp/ppgcaf/wp-content/uploads/Versao%20final_dissertacaoBrunaOliveira[1].pdf)
- Oliveira, B. (2011b). *Dendrocronologia e análise da variação radial da densidade do lenho de árvores de Tectona grandis L.f., do município de Cáceres, MT* [Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro]. [http://r1.ufrj.br/wp/ppgcaf/wp-content/uploads/Versao%20final_dissertacaoBrunaOliveira\[1\].pdf](http://r1.ufrj.br/wp/ppgcaf/wp-content/uploads/Versao%20final_dissertacaoBrunaOliveira[1].pdf)
- Palakit, K., Siripattanadilok, S., & Duangsathaporn, K. (2012). False ring occurrences and their identification in teak (*Tectona grandis*) in north-eastern Thailand. *Journal of Tropical Forest Science*, 387-398.
- Portal, L. A., Huamán, B. A., Mamani, E. M., Palermo, P. de M., & Latorraca, J. V. (2021). Dendrochronology of two forest species in the urban area of the city of Puerto Maldonado, Peru. *Floresta*, 51(3), 10. <https://doi.org/10.5380/rf.v51i3.72410>
- Portal, L., Cardozo, J., Santos, L., Saavedra, G., & Huamán, B. (2020). Dendrocronología de Jacaranda copaia que contiene registro ENSO en Madre de Dios, Perú. *Nativa*, 8(4), 572-578. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i4.10082>
- Portal-Cahuana, L. A., Fontana, C., Assis-Pereira, G., Groenendijk, P., Roig, F. A., & Tomazello-Filho, M. (2023). Thirty-four years of dendrochronological studies in Perú: A review of advances and challenges. *Dendrochronologia*, 78, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2023.126058>
- Reynolds, R. W., & Smith, T. M. (1994). Improved global sea surface temperature analyses using optimum interpolation. *J. Clim.*, 7, 929-948. [https://doi.org/10.1175/15200442\(1994\)007<0929:IGSSTA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/15200442(1994)007<0929:IGSSTA>2.0.CO;2)

- Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J., Vuille, M., & Lavado, W. (2018). Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. *International Journal of Climatology*, 38(1), 420-435. <https://doi.org/10.1002/joc.5185>
- Tomazello, M., Botosso, P., & Lisi, C. (2000). Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. En *Dendrocronología en América Latina*. (pp. 381-431).
- Tomazello, M., Roig, F. A., & Zevallos, P. A. (2009). Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. *Ecología en Bolivia*, 44(2), 73-82.
- Usca, M. Z. (2012). *Evaluación del crecimiento de Bertholletia excelsa H.B.K, en 02 plantaciones agroforestales en el tramo III de la vía Interoceánica Sur—Tambopata, Madre de Dios*. [Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/93/004-2-3-018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Venegas, A. (2013a). *Dendrocronología de árboles de Tectona grandis L. e Pinus caribaea var. Hondurensis Barr. Et Golf de plantação da Mata da Pedreira, Campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- Venegas, A. (2013b). *Dendrocronología de árboles de Tectona grandis L. e Pinus caribaea var. Hondurensis Barr. Et Golf de plantação da Mata da Pedreira, Campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- Yauta, E. D. (2019). *Estimación del almacenamiento anual de carino en plantaciones forestales manejadas de Tectona grandis L.f. Mediante dendrocronología y densitometría de rayos x, en Tahuamanu-Madre de Dios* [Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].

<https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/779/004-2-3-119.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zuñiga, C. (2012a). *Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de Tectona grandis Lf procedente del Fundo Génova-Junín* [Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/556/K10.Z9-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zuñiga, C. (2012b). *Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de Tectona grandis Lf procedente del Fundo Génova-Junín* [Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/556/K10.Z9-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zúñiga, Cl. (2012). *Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de Tectona grandis L.f. Procedente del Fundo Génova- Junín* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/404/K10.Z9-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

a. Matriz de consistencia

A continuación, se presenta la matriz de consistencia de la presente investigación:

Tesis: “Crecimiento de la especie *Tectona grandis* L.F. mediante técnicas dendrocronológicas en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios”

Problemas	Objetivos	Metodología
<p>Problema Principal</p> <p>¿Cuál es el crecimiento de la especie <i>Tectona grandis</i> L.f. mediante técnicas dendrocronológicas en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la estructura anatómica de los anillos de crecimiento la especie <i>Tectona grandis</i> L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios?</p> <p>¿Cuál es la Cronología de los árboles de <i>Tectona grandis</i> L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios?</p> <p>¿Cuál será el incremento radial de los troncos de <i>Tectona grandis</i> L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios?</p> <p>¿Existirá relación de la cronología de <i>Tectona grandis</i> L.f., con el clima local (precipitación y</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar el crecimiento de la especie <i>Tectona grandis</i> L.f. mediante técnicas dendrocronológicas en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>OE1: Caracterizar la estructura anatómica de los anillos de crecimiento la especie <i>Tectona grandis</i> L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.</p> <p>OE2: Establecer la cronología de los árboles de <i>Tectona grandis</i> L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.</p> <p>OE3: Evaluar el incremento radial de los troncos de <i>Tectona grandis</i> L.f. en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.</p>	<p>Tipo y nivel de Investigación:</p> <p>El tipo de estudio es descriptivo y correlacional, puesto que se describirá y correlacionará el ancho de los anillos de crecimiento de los 36 árboles de <i>T. grandis</i> con variables ambientales. Sobre el nivel de estudio se plante el nivel descriptivo y el nivel relacional.</p> <p>Metodología de la Investigación:</p> <p>En el presente proyecto de investigación se empleará el método descriptivo, el mismo que se complementará con el estadístico, análisis, síntesis, deductivo, inductivo entre otros</p> <p>Población:</p>

<p>temperatura) en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios? ¿Cuál será la relación entre el crecimiento de <i>Tectona grandis</i> L.f., y la temperatura de la superficie del mar SST?</p>	<p>OE4: Analizar la relación de la cronología de <i>Tectona grandis</i> L.f., con el clima local (precipitación y temperatura) en las provincias de Tambopata y Tahuamanu, región Madre de Dios.</p> <p>OE5: Examinar la relación entre el crecimiento de <i>Tectona grandis</i> L.f., y la temperatura de la superficie del mar SST.</p> <p>OE6: Investigar la relación de la cronología de <i>Tectona grandis</i> L.f., y el fenómeno de El Niño.</p>	<p>Se realizará un inventario en las tres plantaciones ubicadas en las provincias de Tambopata y Tahuamanu. Dichos árboles inventariados conformarán la población de la presente investigación.</p> <p>Muestra: Del inventario que se realizará en las plantaciones seleccionadas, se seleccionará los árboles de la especie <i>T. grandis</i>, para que conformen la muestra, el número de árboles en función a la (NTP N°251.008, 2016), igual o mayor a 05 árboles, de ello por cada plantación se seleccionará 12 árboles.</p> <p>Técnica: La técnica que se empleará en el presente proyecto de investigación será no destructiva, pues que se utilizará el barreno de Pressler, para la obtención de las muestras.</p>
--	--	--

Instrumentos de campo



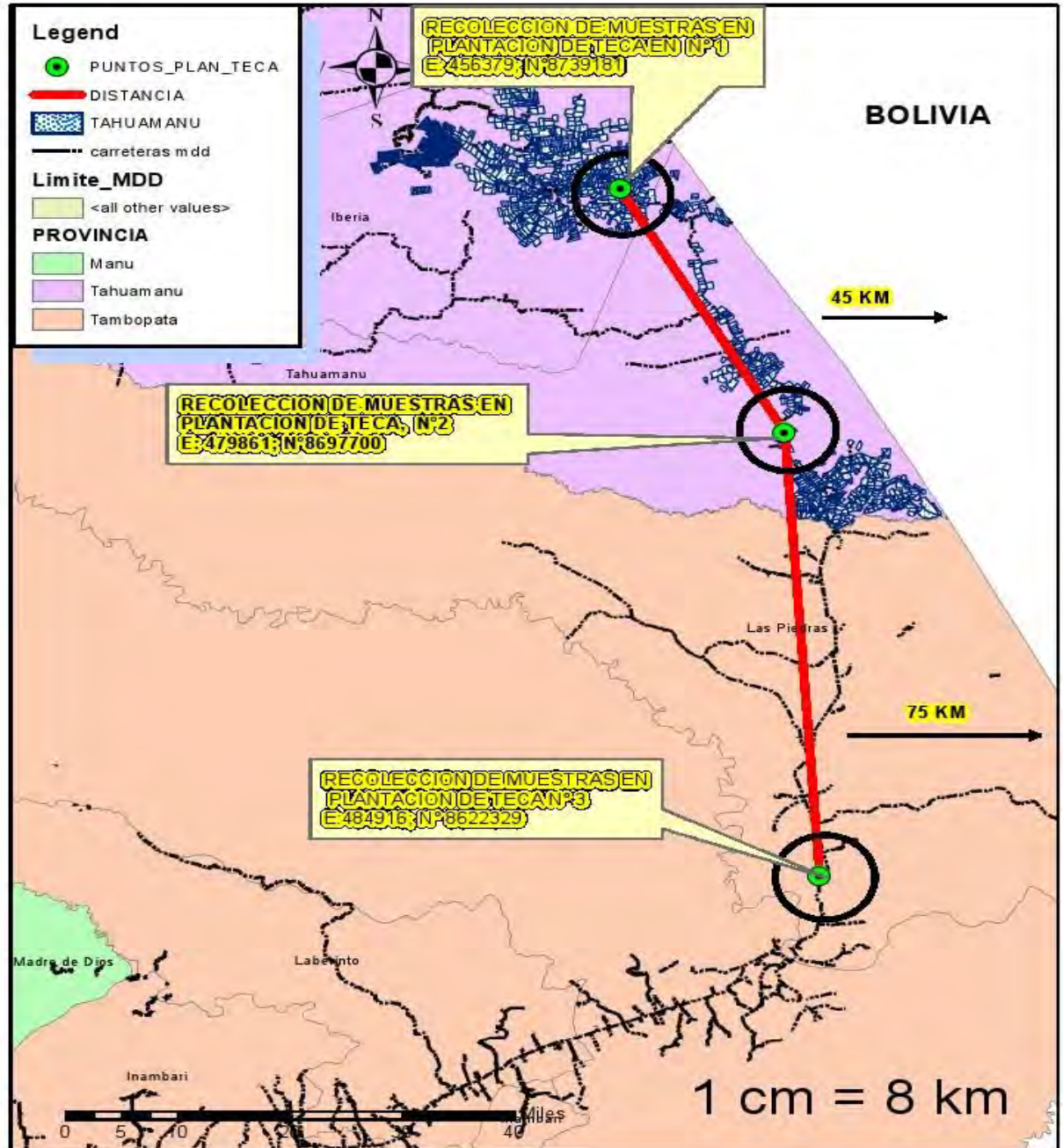
Fotografías: Recolección de muestras en campo



Fotografías: obtención de muestras de los árboles muestreados.

b. Medios de verificación

Mapa de Ubicación de los tres lugares de estudio.



Inventario de los árboles de Teca de la Zona de Iberia.

Gps	Cod. Campo	Especie	CAP (m)	DAP (m)	DAP (m)	AT (m)	AC (m)	V (m3)	V (pt)	ESTE	NORTE
328	1	Teca	36.7	37.7	0.377	16	5	0.36	80	456379	8739181
	2	Teca	34.4	29.3	0.293	15	7	0.31	67	456396	8739183
	3	Teca	40	45.5	0.455	16	6	0.63	140	456388	8739191
	4	Teca	42.8	45.9	0.459	14	4	0.43	95	456372	8739193
	5	Teca	23.5	21.7	0.217	7	2.5	0.06	13	456367	8739197
	6	Teca	41	36.1	0.361	18	7	0.47	102	456356	8739205
	7	Teca	48.3	57.7	0.577	17	6	1.02	224	456352	8739214
	8	Teca	31.3	32.4	0.324	14	3	0.16	35	456334	8739199
	9	Teca	50.6	53.7	0.537	16	5	0.74	162	456334	8739197
	10	Teca	29.4	32.1	0.321	13	5	0.26	58	456331	8739201
	11	Teca	30	29	0.29	12	4	0.17	38	456323	8739204
	12	Teca	23.8	27	0.27	13	6	0.22	49	456322	8739200
	13	Teca	32.4	33.8	0.338	14	5	0.29	64	456309	8739206
	14	Teca	24.8	24.5	0.245	15	6	0.18	40	456300	8739212
342	15	Teca	39	36.4	0.364	18	7	0.47	104	456295	8739212
	16	Teca	24.1	20.6	0.206	9	2.5	0.05	12	456316	8739242
	17	Teca	26.4	28.1	0.281	13	5	0.20	44	456319	8739235
	18	Teca	40.8	36.8	0.368	16	10	0.69	152	456344	8739228
	19	Teca	36	32	0.32	15	7	0.37	81	456340	8739221
	20	Teca	35.5	33.5	0.335	17	6	0.34	76	456361	8739213
	21	Teca	36.3	35.3	0.353	16	5	0.32	70	456362	8739204
	22	Teca	35	34.7	0.347	16	7	0.43	95	456372	8739207
	23	Teca	29.3	33	0.33	12	2	0.11	24	456384	8739204
	24	Teca	34.9	34.5	0.345	13	5	0.30	67	456388	8739198
353	25	Teca	36	38.4	0.384	14	7	0.53	116	456392	8739197

	26	Teca	29.7	31.5	0.315	12	2	0.10	22	456404	8739186
	27	Teca	32.2	28	0.28	15	5	0.20	44	456408	8739191
	28	Teca	37	35.2	0.352	16	6	0.38	83	456401	8739198
	29	Teca	36	37.5	0.375	17	6	0.43	95	456394	8739202
	30	Teca	31.8	32	0.32	16	7	0.37	81	456390	8739205
	31	Teca	28.6	28.6	0.286	17	8	0.33	73	456381	8739203
	32	Teca	34.8	36.5	0.365	16	6	0.41	90	456378	8739210
	33	Teca	36.7	34.8	0.348	18	10	0.62	136	456363	8739217
	34	Teca	36.5	36.7	0.367	17	8	0.55	121	456359	8739224
363	35	Teca	35.5	34.1	0.341	17	7	0.42	91	456366	8739219
	36	Teca	42.5	37.1	0.371	18	8	0.56	124	456378	8739219
	37	Teca	38.2	37.2	0.372	17	9	0.64	140	456386	8739212
	38	Teca	33.9	31.5	0.315	19	10	0.51	111	456391	8739213
	39	Teca	32.8	29.5	0.295	15	5	0.22	49	456402	8739204
	40	Teca	30.2	30.7	0.307	18	7	0.34	74	456412	8739202
	41	Teca	35.7	30.8	0.308	18	10	0.48	107	456409	8739197
	42	Teca	32.5	34	0.34	16	5	0.30	65	456428	8739201
	43	Teca	26.5	25	0.25	15	6	0.19	42	456416	8739204
	44	Teca	38.5	37.2	0.372	19	8	0.57	124	456408	8739206
373	45	Teca	36.7	34.6	0.346	19	9	0.55	121	456401	8739210
	46	Teca	36.4	33.8	0.338	18	9	0.52	115	456315	8739220
	47	Teca	28.7	30.4	0.304	16	7	0.33	73	456388	8739226
	48	Teca	29.1	29	0.29	15	7	0.30	66	456384	8739219
	49	Teca	35.5	34	0.34	19	8	0.47	104	456372	8739224
	50	Teca	44.1	38.4	0.384	17	5	0.38	83	456372	8739233
	51	Teca	30.6	33.5	0.335	16	6	0.34	76	456389	8739223
	52	Teca	30.5	30	0.3	18	7	0.32	71	456396	8739222
	53	Teca	26.7	26	0.26	17	3	0.10	23	456412	8739210
	54	Teca	34.2	34	0.34	19	6	0.35	78	456431	8739212

383	55	Teca	29.8	27.4	0.274	19	8	0.31	67	456417	8739212
	56	Teca	27.6	28.1	0.281	18	7	0.28	62	456405	8739215
	57	Teca	33.7	34.6	0.346	19	8	0.49	108	456398	8739225
	58	Teca	33.1	36.1	0.361	18	10	0.67	146	456384	8739228
	59	Teca	29	32.2	0.322	16	5	0.26	58	456384	8739238
	60	Teca	51.4	50	0.5	19	10	1.28	281	456363	8739240
	61	Teca	45.6	43.7	0.437	19	7	0.68	150	456358	8739243
	62	Teca	40	40.8	0.408	18	7	0.59	131	456360	8739245
	63	Teca	32.2	30.3	0.303	16	5	0.23	52	456357	8739244
	64	Teca	23.5	28.5	0.285	15	4	0.17	36	456307	8739273
393	65	Teca	17.5	18.2	0.182	12	7	0.12	26	456314	8739271
	66	Teca	34.3	34.6	0.346	15	6	0.37	81	456315	8739273
	67	Teca	26.7	28.5	0.285	16	5	0.21	46	456313	8739275
	68	Teca	23.4	24.8	0.248	12	7	0.22	48	456324	8739269
	69	Teca	33.8	35	0.35	17	8	0.50	110	456326	8739263
	70	Teca	15.6	15.5	0.155			0.00	0	456342	8739257
	71	Teca	40.5	10.2	0.102	19	7	0.04	8	456345	8739258
	72	Teca	28.6	29.8	0.298	10	1	0.05	10	456351	8739257
	73	Teca	34.5	35.4	0.354	19	8	0.51	113	456380	8739239
	74	Teca	43.1	43.5	0.435	19	7	0.68	149	456382	8739242
	75	Teca	45.6	43.3	0.433	18	6	0.57	126	456389	8739235
	76	Teca	37.9	40.9	0.409	20	8	0.68	150	456394	8739226
	77	Teca	17.1	17.4	0.174	8	2	0.03	7	456401	8739230
406	78	Teca	35.5	38	0.38	18	6	0.44	97	456409	8739223

Inventario de los árboles de Teca de la Zona Vía Rocío.

Cod. Campo	Especie	CAP (m)	DAP (m)	DAP (m)	AT (m)	AC (m)	V (m3)	V (pt)	ESTE	NORTE
1	Teca	34.3	36.5	0.365	19	12	0.82	180	479861	8697700
2	Teca	34.6	44	0.44	22	13	1.28	283	479878	8697699
3	Teca	35.9	34.6	0.346	23	12	0.73	161	479879	8697699
4	Teca	30.6	34.7	0.347	23	13	0.80	176	479882	8697695
5	Teca	34.5	38.3	0.383	25	15	1.12	247	479884	8697694
6	Teca	37.6	37.4	0.374	21	16	1.14	251	479889	8697695
7	Teca	37.5	37.8	0.378	20	15	1.09	241	479894	8697695
8	Teca	34.9	36	0.36	21	10	0.66	146	479903	8697695
9	Teca	30.7	29.5	0.295	19	8	0.36	78	479905	8697694
10	Teca	40.9	39.2	0.392	23	10	0.78	173	479911	8697695
11	Teca	35.8	36.2	0.362	19	5	0.33	74	479917	8697697
12	Teca	40.7	39.3	0.393	22	10	0.79	173	479920	8697693
13	Teca	33.8	36.5	0.365	19	6	0.41	90	479927	8697691
14	Teca	35	33.1	0.331	22	10	0.56	123	479929	8697692
15	Teca	38	32.5	0.325	19	8	0.43	95	479940	8697692
16	Teca	35.8	35.1	0.351	20	12	0.75	166	479943	8697693
17	Teca	39.3	34.6	0.346	22	10	0.61	134	479944	8697694
18	Teca	25.8	25.3	0.253	21	8	0.26	58	479948	8697696
19	Teca	28.6	33.4	0.334	19	7	0.40	88	479956	8697688
20	Teca	39.4	38.1	0.381	22	10	0.74	163	479958	8697689
21	Teca	35.7	35.1	0.351	22	10	0.63	138	479961	8697701
22	Teca	28.6	28.9	0.289	19	5	0.21	47	479950	8697697
23	Teca	26.4	27.2	0.272	18	7	0.26	58	479942	8697700
24	Teca	26	25.3	0.253	19	8	0.26	58	479939	8697700
25	Teca	32.1	32.9	0.329	18	10	0.55	122	479936	8697695
26	Teca	22.5	25.4	0.254	19	10	0.33	72	479929	8697698
27	Teca	28.1	25.4	0.254	20	10	0.33	72	479924	8697697

28	Teca	29.7	32.3	0.323	19	5	0.27	59	479915	8697700
29	Teca	31.2	36.3	0.363	19	10	0.67	148	479913	8697704
30	Teca	26	26	0.26	19	15	0.52	114	479911	8697700
31	Teca	34.7	34.2	0.342	20	10	0.60	131	479903	8697705
32	Teca	22.4	22.3	0.223	18	6	0.15	34	479898	8697706
33	Teca	38.8	40.7	0.407	23	14	1.18	260	479892	8697706
34	Teca	30.3	27.5	0.275	22	10	0.39	85	479880	8697699
35	Teca	26.2	27.1	0.271	17	8	0.30	66	479870	8697692
36	Teca	28.2	26.8	0.268	22	10	0.37	81	479875	8697701
37	Teca	28.6	30.7	0.307	19	8	0.38	85	479872	8697703
38	Teca	31.8	31.8	0.318	23	12	0.62	136	479868	8697702
39	Teca	17.5	17.4	0.174	16	5	0.08	17	479866	8697700
40	Teca	36	34.8	0.348	19	7	0.43	95	479855	8697697
41	Teca	24.5	26	0.26	21	9	0.31	68	479861	8697706
42	Teca	30	27	0.27	20	8	0.30	66	479862	8697706
43	Teca	27.2	25.7	0.257	20	10	0.34	74	479864	8697710
44	Teca	22.3	19.6	0.196	19	9	0.18	39	479876	8697702
45	Teca	11.5	12	0.12	20	5	0.04	8	479878	8697702
46	Teca	29	26.8	0.268	22	10	0.37	81	479887	8697700
47	Teca	18.1	17.8	0.178	17	5	0.08	18	479889	8697706
48	Teca	28	27.2	0.272	22	10	0.38	83	479893	8697701
49	Teca	28.4	25	0.25	23	12	0.38	84	479902	8697700
50	Teca	27	28.9	0.289	20	10	0.43	94	479908	8697701
51	Teca	24.9	28	0.28	23	12	0.48	106	479905	8697694
52	Teca	20.2	19.4	0.194	20	10	0.19	42	479917	8697700
53	Teca	21.4	21	0.21	22	12	0.27	59	479923	8697699
54	Teca	21.9	24.8	0.248	21	10	0.31	69	479924	8697701
55	Teca	26.8	26.6	0.266	19	8	0.29	64	479930	8697702
56	Teca	18.8	19.2	0.192	19	7	0.13	29	479939	8697698
57	Teca	26.7	25.3	0.253	20	8	0.26	58	479939	8697703
58	Teca	28.4	29.8	0.298	19	7	0.32	70	479946	8697698

59	Teca	28.2	24	0.24	18	6	0.18	39	479955	8697701
60	Teca	26.7	24.2	0.242	17	5	0.15	33	479962	8697701
61	Teca	32.5	35.5	0.355	20	10	0.64	142	479954	8697708
62	Teca	27	24.4	0.244	19	9	0.27	60	479950	8697704
63	Teca	30.3	33.7	0.337	21	10	0.58	128	479944	8697709
64	Teca	15.3	17.4	0.174	18	9	0.14	31	479939	8697707
65	Teca	32.5	35.5	0.355	23	10	0.64	142	479928	8697711
66	Teca	23.7	24	0.24	18	8	0.24	52	479927	8697703
67	Teca	24.1	20.6	0.206	17	6	0.13	29	479924	8697703
68	Teca	27.2	27.4	0.274	18	7	0.27	59	479921	8697703
69	Teca	24.5	23.1	0.231	19	6	0.16	36	479918	8697702
70	Teca	18.7	16.9	0.169	18	3	0.04	10	479913	8697703
71	Teca	25.6	26.4	0.264	19	6	0.21	47	479902	8697702
72	Teca	27.2	24.5	0.245	17	5	0.15	34	479898	8697705
73	Teca	32.3	32.5	0.325	19	10	0.54	119	479889	8697708
74	Teca	26.4	27	0.27	18	9	0.33	74	479889	8697711
75	Teca	33	30.1	0.301	19	7	0.32	71	479881	8697709
76	Teca	29.3	28.8	0.288	20	8	0.34	75	479880	8697707
77	Teca	20.3	21.3	0.213	17	3	0.07	15	479873	8697704
78	Teca	23.8	24.6	0.246	15	4	0.12	27	479866	8697705
79	Teca	28.5	28	0.28	18	5	0.20	44	479865	8697708
80	Teca	37.7	34.5	0.345	17	7	0.43	94	479860	8697706
81	Teca	28.5	28	0.28	18	7	0.28	62	479853	8697717
82	Teca	32.9	30.5	0.305	19	8	0.38	84	479860	8697715
83	Teca	19.2	19.9	0.199	17	5	0.10	22	479867	8697716
84	Teca	22.3	21.2	0.212	18	7	0.16	35	479870	8697713
85	Teca	25.3	22.6	0.226	18	6	0.16	34	479880	8697715
86	Teca	20.3	20.2	0.202	20	10	0.21	46	479884	8697711
87	Teca	31.9	33.9	0.339	25	12	0.70	155	479889	8697710
88	Teca	27.3	25.7	0.257	18	6	0.20	45	479889	8697708
89	Teca	19.5	20	0.2	17	6	0.12	27	479889	8697711

90	Teca	27.8	29	0.29	19	7	0.30	66	479898	8697712
91	Teca	21	19.9	0.199	18	4	0.08	18	479908	8697712
92	Teca	20.9	22.5	0.225	16	5	0.13	28	479915	8697711
93	Teca	30.9	30.7	0.307	18	7	0.34	74	479912	8697711
94	Teca	36.1	33	0.33	19	10	0.56	122	479921	8697712
95	Teca	27.3	26.9	0.269	19	10	0.37	81	479933	8697714
96	Teca	18.1	16.9	0.169	18	8	0.12	26	479935	8697713
97	Teca	33.5	34.2	0.342	19	6	0.36	79	479940	8697712
98	Teca	19.7	21	0.21	16	4	0.09	20	479942	8697709
99	Teca	24.7	24.3	0.243	17	6	0.18	40	479953	8697713
100	Teca	24.9	25.7	0.257	18	7	0.24	52	479961	8697706
101	Teca	26.2	25.9	0.259	20	9	0.31	68	479966	8697715
102	Teca	28.7	29.1	0.291	19	8	0.35	76	479955	8697719
103	Teca	28.7	29.8	0.298	21	10	0.45	100	479949	8697715
104	Teca	20.3	19.6	0.196	17	5	0.10	22	479942	8697717
105	Teca	18.2	17.7	0.177	18	7	0.11	25	479930	8697713
106	Teca	21.7	22.9	0.229	19	7	0.19	41	479932	8697714
107	Teca	22.9	24.5	0.245	18	9	0.28	61	479926	8697722
108	Teca	16.9	18.5	0.185	17	6	0.10	23	479920	8697718
109	Teca	24.2	28.7	0.287	19	7	0.29	65	479918	8697719
110	Teca	20.1	18.7	0.187	20	8	0.14	31	479907	8697713
111	Teca	34.6	33.2	0.332	21	10	0.56	124	479904	8697715
112	Teca	16.7	12.8	0.128	17	5	0.04	9	479908	8697715
113	Teca	28.2	26.2	0.262	21	7	0.25	54	479889	8697715
114	Teca	22.9	23.5	0.235	18	6	0.17	37	479882	8697715
115	Teca	23.6	22.9	0.229	17	7	0.19	41	479873	8697714
116	Teca	16.7	17.2	0.172	18	8	0.12	27	479872	8697716
117	Teca	28.2	24.7	0.247	19	9	0.28	62	479869	8697715
118	Teca	23.9	24.5	0.245	20	7	0.21	47	479860	8697721
119	Teca	27.9	28.1	0.281	19	5	0.20	44	479856	8697725
120	Teca	28.6	28.9	0.289	18	6	0.26	56	479863	8697724

121	Teca	18.9	19.8	0.198	18	7	0.14	31	479866	8697721
122	Teca	23.7	24.6	0.246	20	9	0.28	61	479876	8697726
123	Teca	24.6	23.8	0.238	18	7	0.20	45	479880	8697722
124	Teca	15.2	14.9	0.149	17	5	0.06	12	479882	8697724
125	Teca	17.7	17.2	0.172	15	6	0.09	20	479888	8697724
126	Teca	28.4	27.9	0.279	19	9	0.36	79	479892	8697727
127	Teca	18.3	17.2	0.172	17	5	0.08	17	479895	8697723
128	Teca	30.2	28.9	0.289	18	7	0.30	66	479896	8697720
129	Teca	24.3	22.9	0.229	18	6	0.16	35	479911	8697728
130	Teca	26.5	24.7	0.247	20	7	0.22	48	479924	8697722
131	Teca	12.7	10.5	0.105	16	6	0.03	7	479925	8697724
132	Teca	23.7	23.1	0.231	18	7	0.19	42	479927	8697722
133	Teca	29.9	31	0.31	20	9	0.44	97	479952	8697726
134	Teca	33.7	34.2	0.342	19	10	0.60	131	479959	8697725
135	Teca	28.3	28.5	0.285	17	9	0.37	82	479946	8697721
136	Teca	25.7	24.9	0.249	18	8	0.25	56	479950	8697726
137	Teca	26.1	25.3	0.253	20	10	0.33	72	479956	8697727
138	Teca	33.7	34.2	0.342	22	10	0.60	131	479965	8697724
139	Teca	27.3	26.7	0.267	19	7	0.25	56	479967	8697728
140	Teca	29.1	28.3	0.283	18	6	0.25	54	479962	8697728
141	Teca	24.9	24.3	0.243	20	8	0.24	53	479951	8697727
142	Teca	23.1	22.7	0.227	19	10	0.26	58	479947	8697725
143	Teca	24.9	24.3	0.243	17	8	0.24	53	479942	8697725
144	Teca	27.2	26.3	0.263	19	7	0.25	54	479928	8697726
145	Teca	28.6	27.1	0.271	20	9	0.34	74	479930	8697725
146	Teca	25.6	25.2	0.252	21	10	0.32	71	479927	8697727
147	Teca	23.9	26.5	0.265	18	8	0.29	63	479916	8697729
148	Teca	20.1	18.8	0.188	18	7	0.13	28	479914	8697727
149	Teca	20.1	17.9	0.179	17	5	0.08	18	479996	8697724
150	Teca	22.7	22.4	0.224	18	6	0.15	34	479899	8697737
151	Teca	20.4	19.7	0.197	16	7	0.14	31	479888	8697728

152	Teca	24.5	22.7	0.227	18	7	0.18	41	479886	8697724
153	Teca	23.9	23.1	0.231	17	6	0.16	36	479886	8697731
154	Teca	27.1	27.6	0.276	20	7	0.27	60	479878	8697730
155	Teca	27.9	28.1	0.281	21	8	0.32	71	479878	8697733
156	Teca	23.2	22.1	0.221	18	5	0.12	27	479868	8697729
157	Teca	27.1	24.9	0.249	19	7	0.22	49	479869	8697730
158	Teca	22.3	20.9	0.209	20	8	0.18	39	479863	8697733
159	Teca	35.3	35.1	0.351	21	9	0.57	125	479854	8697728
160	Teca	25.1	24.5	0.245	22	10	0.31	67	479860	8697732
161	Teca	23.7	26.3	0.263	19	7	0.25	54	479869	8697730
162	Teca	22.9	26.8	0.268	20	8	0.29	65	479875	8697738
163	Teca	29.5	28	0.28	18	6	0.24	53	479872	8697741
164	Teca	25.6	25.5	0.255	20	7	0.23	51	479877	8697738
165	Teca	27.3	26.7	0.267	21	8	0.29	64	479883	8697733
166	Teca	25.4	24.6	0.246	18	7	0.22	48	479891	8697736
167	Teca	25.1	26.3	0.263	19	8	0.28	62	479894	8697739
168	Teca	26.5	27.1	0.271	20	9	0.34	74	479901	8697739
169	Teca	25.8	24.6	0.246	21	10	0.31	68	479900	8697739
170	Teca	23.7	22.9	0.229	19	6	0.16	35	479903	8697737
171	Teca	27.2	28.3	0.283	19	7	0.29	63	479915	8697739
172	Teca	22.7	23.1	0.231	19	8	0.22	48	479917	8697738
173	Teca	34.2	37	0.37	21	10	0.70	154	479920	8697756
174	Teca	26.3	28.1	0.281	22	9	0.36	80	479927	8697734
175	Teca	24.9	26.3	0.263	21	10	0.35	78	479937	8697740
176	Teca	24.7	25.6	0.256	20	9	0.30	66	479947	8697733
177	Teca	36.4	37.1	0.371	21	10	0.70	155	479950	8697735
178	Teca	17.2	18.1	0.181	18	8	0.13	29	479958	8697738
179	Teca	31.4	32.6	0.326	19	8	0.43	95	479959	8697735
180	Teca	30.1	28.7	0.287	20	8	0.34	74	479962	8697741
181	Teca	26.9	28.1	0.281	19	7	0.28	62	479947	8697744
182	Teca	29.1	26.8	0.268	19	8	0.29	65	479943	8697736

183	Teca	25.3	24.7	0.247	20	10	0.31	69	479937	8697733
184	Teca	29.3	28.1	0.281	21	8	0.32	71	479930	8697734
185	Teca	23.7	24.2	0.242	19	7	0.21	46	479929	8697735
186	Teca	36.7	38.1	0.381	22	10	0.74	163	479917	8697739
187	Teca	16.4	18.7	0.187	16	5	0.09	20	479916	8697734
188	Teca	22.4	20.9	0.209	18	7	0.16	34	479909	8697730
189	Teca	26.8	24.7	0.247	19	8	0.25	55	479901	8697736
190	Teca	24.5	26.1	0.261	18	7	0.24	54	479898	8697735
191	Teca	27.9	27.2	0.272	19	8	0.30	66	479898	8697733
192	Teca	28.7	28.1	0.281	20	9	0.36	80	479892	8697734
193	Teca	23.1	22.4	0.224	18	7	0.18	39	479885	8697734
194	Teca	34.9	36.1	0.361	22	10	0.67	146	479883	8697734
195	Teca	33.9	34.1	0.341	21	9	0.53	118	479872	8697735
196	Teca	35.4	35.9	0.359	22	10	0.66	145	479873	8697737
197	Teca	29.2	31.9	0.319	22	10	0.52	114	479866	8697736
198	Teca	25.8	24.7	0.247	19	8	0.25	55	479859	8697737
199	Teca	25.8	26.7	0.267	19	7	0.25	56	479857	8697740
200	Teca	33.1	33.4	0.334	22	10	0.57	125	479855	8697743
201	Teca	23.7	23.6	0.236	20	8	0.23	50	479864	8697744
202	Teca	22.3	24.5	0.245	20	8	0.25	54	479863	8697745
203	Teca	26.7	27.1	0.271	19	7	0.26	58	479875	8697744
204	Teca	14.3	12.8	0.128	19	6	0.05	11	479876	8697748
205	Teca	20.1	17.8	0.178	20	7	0.11	25	479875	8697746
206	Teca	27.3	26.3	0.263	21	8	0.28	62	479896	8697742
207	Teca	23.1	24.9	0.249	19	7	0.22	49	479892	8697750
208	Teca	29.2	28.7	0.287	20	8	0.34	74	479897	8697749
209	Teca	37.3	34.2	0.342	19	7	0.42	92	479895	8697749
210	Teca	28.1	28.7	0.287	18	6	0.25	56	479904	8697751
211	Teca	33.8	36.5	0.365	17	7	0.48	105	479912	8697745
212	Teca	25.8	25.3	0.253	18	9	0.29	65	479923	8697743
213	Teca	38.6	33.4	0.334	19	7	0.40	88	479935	8697743

214	Teca	34.5	38.1	0.381	21	10	0.74	163	479936	8697743
215	Teca	35.9	34.6	0.346	20	9	0.55	121	479931	8697747
216	Teca	37.7	38.1	0.381	18	7	0.52	114	479937	8697746
217	Teca	24.6	23.9	0.239	17	6	0.17	38	479950	8697744
218	Teca	28.7	29.1	0.291	19	7	0.30	67	479950	8697746
219	Teca	23.1	24.7	0.247	20	8	0.25	55	479956	8697744
220	Teca	22.3	22.7	0.227	22	6	0.16	35	479962	8697741
221	Teca	39.5	38.7	0.387	19	5	0.38	84	479958	8697747
222	Teca	28.3	31.4	0.314	17	7	0.35	78	479958	8697744
223	Teca	25.5	39.6	0.396	20	10	0.80	176	479953	8697740
224	Teca	37.3	28.9	0.289	14	8	0.34	75	479945	8697742
225	Teca	24.2	23.9	0.239	19	5	0.15	32	479941	8697743
226	Teca	27.4	27.1	0.271	21	6	0.22	49	479930	8697746
227	Teca	22.3	23.9	0.239	22	7	0.20	45	479927	8697746
228	Teca	34	34.5	0.345	19	9	0.55	120	479922	8697746
229	Teca	32.7	35.9	0.359	19	8	0.53	116	479918	8697747
230	Teca	35.6	36.3	0.363	16	6	0.40	89	479909	8697750
231	Teca	28.7	30.6	0.306	15	5	0.24	53	479906	8697747
232	Teca	29.3	29.4	0.294	16	4	0.18	39	479901	8697748
233	Teca	32.7	29.5	0.295	19	10	0.44	98	479901	8697749
234	Teca	35.4	33.4	0.334	22	9	0.51	113	479894	8697747
235	Teca	37.8	36.2	0.362	20	7	0.47	103	479885	8697746
236	Teca	24.9	26.3	0.263	21	8	0.28	62	479886	8697743
237	Teca	22.8	23.3	0.233	19	9	0.25	55	479876	8697740
238	Teca	24.6	22.8	0.228	19	6	0.16	35	479866	8697743
239	Teca	24.5	26.7	0.267	22	9	0.33	72	479863	8697742
240	Teca	23.8	29.6	0.296	20	8	0.36	79	479857	8697746

Inventario de los árboles de Teca de la zona del Vivero UNAMAD.

Gps	Cod. Campo	Especie	CAP (m)	DAP (m)	DAP (m)	AT (m)	AC (m)	V (m3)	V (pt)	ESTE	NORTE	OBS
36	1	Teca	26.2	26	0.26	20	8	0.28	61	484916	8622328	
	2	Teca	19.4	23.4	0.234	18	8	0.22	49	484908	8622329	
	3	Teca	29.3	27.4	0.274	19	6	0.23	51	484909	8622323	A-1
	4	Teca	24.3	26.5	0.265	18	4	0.14	32	484905	8622325	
	5	Teca	34.1	34.4	0.344	24	8	0.48	106	484908	8622320	A-2
	6	Teca	36.5	32.4	0.324	16	7	0.38	83	484910	8622316	A-3
	7	Teca	22.8	26	0.26	17	8	0.28	61	484910	8622315	
	8	Teca	25.6	25.6	0.256	17	9	0.30	66	484905	8622311	
	9	Teca	27.9	24.8	0.248	14	6	0.19	41	484908	8622309	
	10	Teca	30.3	34	0.34	20	8	0.47	104	484908	8622307	A-4
	11	Teca	17.2	19.1	0.191	15	4	0.07	16	484906	8622304	A-5
	12	Teca	25.3	27.7	0.277	17	5	0.20	43	484908	8622305	
	13	Teca	29.4	25.4	0.254	21	9	0.30	65	484908	8622296	A-6
	14	Teca	29.9	28.1	0.281	19	6	0.24	53	484905	8622295	A-7
	15	Teca	27.4	27.5	0.275	17	5	0.19	42	484909	8622295	A-8
	16	Teca	29.5	31.2	0.312	21	7	0.35	77	484905	8622291	A-9
	17	Teca	31.5	27	0.27	22	8	0.30	66	484907	8622285	A-10
	18	Teca	27	26	0.26	21	8	0.28	61	484904	8622287	A-11
	19	Teca	29.3	27.9	0.279	18	6	0.24	52	484904	8622285	A-12
	20	Teca	14.8	15.9	0.159	14	4	0.05	11	484903	8622281	
	21	Teca	30.4	26.6	0.266	21	6	0.22	48	484904	8622282	
	22	Teca	27	27.4	0.274	21	7	0.27	59	484906	8622276	
	23	Teca	16.2	18	0.18	12	4	0.07	15	484903	8622272	
	24	Teca	29	29	0.29	22	9	0.39	85	484904	8622273	
	25	Teca	26.3	24.8	0.248	20	9	0.28	62	484905	8622269	
	26	Teca	21.5	22	0.22	20	9	0.22	49	484902	8622265	
	27	Teca	28.8	27.8	0.278	21	4	0.16	35	484902	8622262	

	28	Teca	27.4	31.3	0.313	21	5	0.25	55	484904	8622263	
	29	Teca	29.5	26.6	0.266	22	7	0.25	56	484905	8622260	
	30	Teca	25.9	25	0.25	21	6	0.19	42	484905	8622255	
	31	Teca	26.5	24.9	0.249	19	7	0.22	49	484904	8622254	
	32	Teca	25	26.9	0.269	19	4	0.15	33	484902	8622252	
	33	Teca	22.7	23.4	0.234	21	8	0.22	49	484905	8622249	
	34	Teca	16.6	18.4	0.184	22	5	0.09	19	484904	8622241	
	35	Teca	24.3	23.9	0.239	23	8	0.23	51	484901	8622242	
	36	Teca	21.8	24.6	0.246	20	9	0.28	61	484901	8622240	
	37	Teca	23.1	20.7	0.207	18	7	0.15	34	484902	8622237	
	38	Teca	31.1	33	0.33	19	9	0.50	110	484900	8622234	
	39	Teca	34.7	32.7	0.327	20	9	0.49	108	484900	8622232	
	40	Teca	11	13.5	0.135	10	3	0.03	6	484900	8622232	
	41	Teca	25	22.3	0.223	20	9	0.23	50	484903	8622228	
	42	Teca	29.4	25.7	0.257	22	9	0.30	67	484902	8622228	
	43	Teca	24.7	25.9	0.259	25	10	0.34	75	484900	8622221	
	44	Teca	20.4	19.8	0.198	16	4	0.08	18	484901	8622229	
	45	Teca	20.7	22	0.22	14	4	0.10	22	484903	8622218	
	46	Teca	18.5	18.4	0.184	14	4	0.07	15	484902	8622215	
	47	Teca	30.5	35.9	0.359	26	10	0.66	145	484902	8622214	
	48	Teca	33	29.9	0.299	20	10	0.46	100	484902	8622210	
	49	Teca	28.4	28	0.28	23	10	0.40	88	484902	8622229	
	50	Teca	31.7	26.9	0.269	24	10	0.37	81	484898	8622203	
	51	Teca	21.2	20	0.2	8	4	0.08	18	484896	8622196	
	52	Teca	18.3	18.1	0.181	10	5	0.08	18	484896	8622194	
	53	Teca	28.1	29	0.29	20	8	0.34	76	484896	8622192	
	54	Teca	19.3	21.8	0.218	18	8	0.19	43	484896	8622188	
	55	Teca	29.4	25	0.25	20	9	0.29	63	484896	8622187	
	56	Teca	30	28.9	0.289	15	6	0.26	56	484800	8622181	
	57	Teca	23.4	26.7	0.267	18	8	0.29	64	484896	8622176	
	58	Teca	22.3	19.6	0.196	18	9	0.18	39	484899	8622175	

	59	Teca	23.9	21.8	0.218	14	4	0.10	21	484895	8622170	
	60	Teca	23.8	21.4	0.214	16	7	0.16	36	484896	8622169	
	61	Teca	22.6	22.1	0.221	18	9	0.22	49	484894	8622167	
	62	Teca	24.2	24.1	0.241	18	9	0.27	59	484896	8622166	
	63	Teca	30.5	29.4	0.294	20	8	0.35	78	484895	8622163	
	64	Teca	38.9	33.8	0.338	22	9	0.52	115	484893	8622162	
	65	Teca	35.2	29.6	0.296	20	9	0.40	89	484896	8622156	
	66	Teca	30	30.7	0.307	26	10	0.48	106	484894	8622153	
	67	Teca	25.5	28.1	0.281	22	9	0.36	80	484893	8622148	
	68	Teca	33.1	27	0.27	20	9	0.33	74	484894	8622146	
	69	Teca	24	21.4	0.214	18	8	0.19	41	484894	8622143	
	70	Teca	26.7	25.2	0.252	20	8	0.26	57	484894	8622142	
	71	Teca	26.2	22.1	0.221	18	8	0.20	44	484893	8622138	
	72	Teca	33	24	0.24	20	9	0.26	58	484896	8622133	
	73	Teca	34.7	33.2	0.332	24	9	0.51	111	484893	8622131	
	74	Teca	23.5	23.1	0.231	16	6	0.16	36	484893	8622129	
	75	Teca	23.1	22.1	0.221	18	8	0.20	44	484893	8622125	
	76	Teca	19.2	22.1	0.221	18	8	0.20	44	484894	8622124	
	77	Teca	24.1	22.2	0.222	20	10	0.25	55	484894	8622122	
	78	Teca	26.3	23	0.23	20	9	0.24	53	484895	8622120	
	79	Teca	38.5	36.9	0.369	25	10	0.70	153	484897	8622115	
	80	Teca	22.7	19.2	0.192	16	5	0.09	21	484892	8622109	
	81	Teca	37.3	37	0.37	25	12	0.84	185	484894	8622100	
	82	Teca	22.1	21.4	0.214	18	8	0.19	41	484893	8622103	
	83	Teca	37.5	34	0.34	28	12	0.71	156	484892	8622102	
	84	Teca	28.1	23.2	0.232	18	7	0.19	42	484892	8622097	
	85	Teca	28.1	28.3	0.283	26	12	0.49	108	484892	8622096	
	86	Teca	28.1	29.8	0.298	26	9	0.41	90	484890	8622091	
	87	Teca	26.4	25.8	0.258	20	8	0.27	60	484889	8622088	
	88	Teca	29.6	29.6	0.296	24	12	0.54	118	484890	8622085	
	89	Teca	A	22.7	0.227	20	10	0.26	58	484891	8622086	

	90	Teca	34.9	33.6	0.336	24	10	0.58	127	484892	8622081	
	91	Teca	27.1	29.3	0.293	25	8	0.35	77	484891	8622079	
	92	Teca	23.2	19.1	0.191	12	5	0.09	20	484892	8622075	
	93	Teca	25.5	26.1	0.261	18	8	0.28	61	484891	8622072	
	94	Teca	27.4	26.8	0.268	20	10	0.37	81	484891	8622069	
	95	Teca	29.3	24.8	0.248	20	8	0.25	55	484890	8622062	
	96	Teca	19.1	18.1	0.181	16	8	0.13	29	484887	8622060	
	97	Teca	14.2	14.6	0.146	12	4	0.04	10	484888	8622056	
	98	Teca	22.8	22.9	0.229	18	8	0.21	47	484888	8622051	
	99	Teca	25.5	26.9	0.269	20	8	0.30	65	484888	8622052	
	100	Teca	31.6	34.8	0.348	26	13	0.80	177	484888	8622045	

c. Otros



Fotografías: secado y procesamiento de datos en laboratorio.



