

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE
DE DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



TESIS

**“Dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L., en un
bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE.**

AUTOR:

Bach: MURILLO ANDIA, Juan Carlos.

ASESOR:

M.Sc. PORTAL CAHUANA, Leif
Armando.

Puerto Maldonado, julio 2026

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE
DE DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**“Dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L., en un
bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL
Y MEDIO AMBIENTE.**

AUTOR:

Bach: MURILLO ANDIA, Juan Carlos.

ASESOR:

M.Sc. PORTAL CAHUANA, Leif
Armando.

Puerto Maldonado, julio 2026.

RST-RI_Dendrocronología de la especie Cedrela odorata L., en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	2%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unamad.edu.pe	5%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.catie.ac.cr	1%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios	1%
	Trabajo del estudiante	
4	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
5	orcid.org	1%
	Fuente de Internet	
6	www2.scielo.org.ve	1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Activo		

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios, por darme la vida y por ayudarme llegar hasta este instante tan crucial en mi desarrollo profesional. A mi madre Agripina, quien ha sido la columna fundamental en mi vida y siempre me ha brindado todo amor y apoyarme sin juzgar nuestras diferencias de opinión. A mi padre Silverio, quien ha estado a mi lado en los momentos más complicados, a pesar de que aún nos quedan muchas cosas por compartir juntos. A mis hermanos Rolando y Jesús Ángel, quienes, a pesar de nuestras diferencias, siempre han sido muy importantes para mí. A mis hermanas Ruth, Irma y Mary Luz, por acompañarme en tantos momentos importantes y siempre estar dispuestas a escucharme y ayudarme en cualquier situación. Y a Sharon, madre de mi hijo, a quien quiero profundamente.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis lo dedico a todas aquellas personas que, de alguna manera, han sido parte fundamental en su realización. Mis más sinceros agradecimientos están dirigidos a mi madre Agripina, quien no solo ha sido una excelente madre, sino también mi mejor amiga. Siempre me ha apoyado en cada meta que me he propuesto y ha tenido la sabiduría para corregir mis errores.

También quiero agradecer a mi padre por su constante apoyo en mi carrera y en mis logros, tanto en lo sentimental como en lo económico.

A mis hermanos y hermanas, quienes siempre han estado a mi lado en todo momento, desde la primaria hasta la culminación del grado superior, sabemos muy bien lo que compartimos durante esa etapa, llena de momentos inolvidables e importantes para todos.

A mi asesor, el M.Sc. Leif Armando Portal Cahuana, fue una pieza clave en este proyecto, sin su colaboración no habríamos podido avanzar.

Finalmente, agradezco a mis amigos y amigas que han sido parte de mi formación académica superior. Sin ustedes, no existiría la amistad que compartimos, llena de risas, bromas y algunas diferencias, pero que nos ha llevado a culminar esta etapa de nuestras vidas con éxito.

PRESENTACIÓN

La presente tesis corresponde a la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, y lleva por título: Dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L., en un bosque de terraza alta de la región Madre de Dios. El trabajo se llevó a cabo en la UNAMAD, en el fundo “El Bosque”, con el objetivo de seguir contribuyendo al conocimiento científico de este espacio.

La especie *C. odorata* L. ha sido objeto de numerosos estudios en América del Sur debido a su capacidad para mostrar una buena marcación en los anillos de crecimiento. Por esta razón, se seleccionó para este estudio en el fundo El Bosque, propiedad de la UNAMAD.

Además, la especie requiere ser objeto de estudios en varios campos del conocimiento, ya que se encuentra en la lista de especies protegidas por CITES.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L. en un bosque de terraza alta del fundo “El Bosque” de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú. Se seleccionaron diez árboles con diámetro a la altura del pecho superior a 30 cm y se extrajeron cuatro núcleos por individuo mediante barrenos de Pressler, empleando un método no destructivo. Las muestras fueron preparadas, escaneadas y medidas utilizando Image Pro Plus. La sincronización y el control de calidad de las series se realizaron con COFECHA, mientras que la cronología maestra fue construida con ARSTAN. Los resultados demostraron que los anillos de crecimiento son anuales y claramente identificables por la presencia de parénquima marginal y porosidad semicircular. La cronología obtenida comprendió el periodo 1963–2017, equivalente a 55 años, con una intercorrelación promedio de 0,38 y una sensibilidad media de 0,324. El incremento medio anual en diámetro fue de 0,57 cm/año, con valores entre 0,23 y 0,93 cm/año. Se observó una relación positiva, aunque no significativa, entre el crecimiento y la precipitación, así como una correlación baja pero significativa con el fenómeno El Niño, registrándose disminuciones del crecimiento durante eventos intensos. Se concluye que *Cedrela odorata* L. posee elevado potencial para estudios dendrocronológicos en la Amazonía peruana, aportando información confiable sobre crecimiento, edad y respuesta climática, útil para fortalecer el manejo forestal sostenible, la conservación de la especie y la toma de decisiones basadas en evidencia científica regional.

Palabras Clave: anillos de crecimiento, bosque tropical, El Niño, incremento medio anual, precipitación.

ABSTRACT

This study aimed to determine the dendrochronology of *Cedrela odorata* L. in a high-terrace forest located at the “El Bosque” property of the National Amazonian University of Madre de Dios, Peru. Ten trees with a diameter at breast height greater than 30 cm were selected, and four increment cores were extracted from each tree using a Pressler increment borer through a non-destructive sampling method. The samples were prepared, scanned, and measured using Image Pro Plus software. Cross-dating and quality control were conducted with COFECHA, while the master chronology was developed using ARSTAN. Results showed that the growth rings are annual and clearly distinguishable due to marginal parenchyma and semi-ring porous wood anatomy. The resulting chronology covered the period from 1963 to 2017, spanning 55 years, with an average intercorrelation of 0.38 and a mean sensitivity of 0.324. The mean annual diameter increment was 0.57 cm per year, ranging from 0.23 to 0.93 cm per year. A positive but non-significant relationship was found between tree growth and precipitation, whereas a low but statistically significant correlation was detected with the El Niño phenomenon, showing reduced growth during intense events. The study concludes that *Cedrela odorata* L. has high potential for dendrochronological research in the Peruvian Amazon, providing reliable information on tree growth, age, and climate response. These findings contribute to sustainable forest management, conservation of this protected species, and evidence-based decision-making for regional forest planning and long-term ecological monitoring efforts.

Key words: Growth rings, tropical forest, El Niño, mean annual increment, precipitation.

INTRODUCCIÓN

La familia Meliaceae es representada en América por ocho géneros y estas introducidas en varias regiones tropicales del mundo. El género *Cedrela*, uno de los más importantes de esta familia es constituido por siete especies ampliamente distribuidas en los bosques tropicales y subtropicales de América del Sur y Central. *Cedrela angustifolia* Moc. & Sessé ex DC., ocurre desde el norte de Argentina hasta México, excepto en Las Antillas, *C. fissilis* Vell., ocurrente de Costa Rica hasta Argentina y Brasil, *C. lillioi* Moc. & Sessé ex DC., ocurrente en el Perú, Bolivia y Argentina, siendo citada en el sur del Brasil, *C. montana*, ocurrentes en Venezuela, Colombia y Ecuador, *C. oaxacensis* C.DC. & Rose, ocurrentes desde México hasta Panamá, *C. odorata* L., ocurrentes desde México hasta Argentina y Brasil, *C. weberbauerii* Harms in J.F.Macbr., ocurrente en el Perú (Tomazello, Botosso y Lisi 2000).

Los géneros *Toona*, *Swietenia* y *Cedrela* presentan una serie de características clave que los hacen fundamentales para su aplicación en dendrocronología. Entre estas características se incluyen: a) un número considerable de especies que habitan en los ecosistemas forestales, con una diversidad ecológica significativa en diversas regiones del mundo, b) especies que experimentan distintos eventos fenológicos, tales como la caída de hojas durante la estación seca, tanto en su estado natural como en plantaciones, c) madera con una estructura anatómica característica, destacándose por la claridad y precisión en la delimitación de las camadas de crecimiento anuales, d) árboles que presentan altas tasas de crecimiento, tanto en el diámetro del tronco como en su altura, e) madera de densidad media, lo que facilita la obtención de muestras mediante métodos no invasivos, f) la disponibilidad de información precisa sobre la edad y las tasas de crecimiento de los árboles, a través de la marcación del cambium, el uso de bandas dendrométricas y la medición del ancho de los anillos de crecimiento anuales, y g) una extensa bibliografía disponible sobre áreas como taxonomía, dendrología, botánica, florística, fitosociología, silvicultura y propiedades de la madera, entre otros

aspectos (Tomazello, Botosso y Lisi 2000).

Estudios de *Cedrela odorata* L., fueron realizados en el Perú como: (i) Potencial de *Cedrela odorata* L., (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú, se realizaron estudios sobre 27 árboles (Pereyra *et al.* 2014) y sobre la dendrocronología del cedro *C. odorata* L. (Cedro) en la Amazonía sur del Perú, específicamente en el departamento Madre de Dios, con un total de 21 árboles estudiados (Schipper 2011).

Actualmente, *C. odorata* L., está incluida según el Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre - CITES en la lista III. En el apéndice figuran las especies que, a solicitud de una de las partes, regulan el comercio de esa especie y requieren la colaboración de otros países para prevenir su explotación insostenible o ilegal («Apéndices I, II y III de la CITES» 2019).

A partir de este contexto, el principal objetivo de esta investigación es “Determinar la dendrocronología de la especie *Cedrela odorata*, en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

PRESENTACIÓN

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Variables	2
1.5 Operacionalización de variables	3
1.6 Justificación	4
1.7 Consideraciones éticas	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de estudio	6
2.2 Bases teórico	16
2.1.1. Descripciones taxonómicas de las especies a estudiar.	16
2.1.2. Descripciones dendrológica	16
2.1.3. Características anatómicas	17
2.1.4. Distribución geográfica de <i>Cedrela odorata</i> L.	19
2.1.5. Usos	20
2.3 Definición de términos	21
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	23
3.1 Tipo de estudio	23
3.2 Diseño del estudio	23
3.3 Población y muestra	23
3.1.1. Población	23
3.1.2. Muestra	23
3.4 Métodos y técnicas	24
3.5 Tratamiento de los datos	28

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS	45
Anexo 01. Mapa de Ubicación del área de estudio	
Anexo 02. Inventario general de <i>Cedrela odorata</i> L., en el fundo El Bosque.	
Anexo 03. Matriz de Consistencia Tesis: “Dendrocronología de la especie <i>Cedrela odorata</i> L, en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía microscópica de la madera en las dos especies (A) anillos de crecimiento de <i>Swietenia macrophylla</i> King. (B) falsos anillos en <i>Swietenia macrophylla</i> King. (flechas negras), (C) anillos de crecimiento en <i>Cedrela odorata</i> L. y (D) falsos anillos en <i>Cedrela odorata</i> L. (Martínez 2015).....	13
Figura 2. Cortes microscópicos de <i>Cedrela odorata</i> L: (A) Sección Transversal con los detalles de la marcación de los anillos de crecimiento. (B) Sección Tangencial. (C) Sección radial. Fuente: (Inside Wood 2019).....	19
Figura 3. Distribución geográfica de la especie <i>Cedrela odorata</i> L. (Tropicos.org 2019b).....	20
Figura 4. Mapa de dispersión de la población de <i>Cedrela odorata</i> L., en el fundo El Bosque, con diámetros iguales o mayores a 50 cm.	25
Figura 5. Extracción de las muestras de madera con el barreno de Pressler. A) Fuste de <i>Cedrela odorata</i> L. B) Muestra de madera colectada a la altura del pecho. C) Preservando la herida generada.	27
Figura 6. Sección transversal de la especie <i>Cedrela odorata</i> L. A) Muestra escaneada visibilizando los anillos de crecimientos por parénquima margina. B) Muestra obtenida en microscopio estereoscopio. Flechas blancas muestran el límite del anillo de crecimiento.	30
Figura 7.. Serie cronológica master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de la especie <i>Cedrela odorata</i> L., con el número de muestras de la especie.....	33
Figura 8. Incremento corriente anual (ICA) de los diez árboles de <i>Cedrela odorata</i> L.....	34
Figura 9. Incremento en diámetro acumulado de los troncos de diez árboles de <i>Cedrela odorata</i> L.	35
Figura 10. Sensibilidad climatológica de la cronología de <i>Cedrela odorata</i> L., con la precipitación media mensual y la temperatura del aire. (*) Denota significancia de 0,05.	36
Figura 11. Relación entre los eventos de El Niño (línea trazada ceniza) y el ancho de los anillos de crecimiento de <i>Cedrela odorata</i> L. (línea negra), con detalles de los anillos más cortos (flecha roja) y los de los eventos más severos de El Niño (flecha azul).	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores y definiciones.....	3
Tabla 2. Inventario forestal de los árboles de <i>Cedrela odorata</i> L., en el fundo El Bosque con diámetros iguales o mayores a 50 cm.	26
Tabla 3. <i>Cedrela odorata</i> L., y el control de calidad del ancho de los anillos de.....	32
Tabla 4. Resultados estadísticos de la datación y estandarización de la cronología de <i>Cedrela odorata</i> L.....	32

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

En América del Sur, una lista limitada de especies forestales comerciales ha sido explotada durante mucho tiempo, lo que ha llevado a organismos internacionales a tomar medidas para proteger las especies de flora y fauna en peligro, como el CITES - Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre, que busca regular a nivel global las especies en peligro de extinción. En Perú, dos de las especies que figuran en esta lista son *Swietenia macrophylla* King in Hook., (caoba) y *Cedrela odorata* L., (cedro), ambas de la familia Meliaceae.

En el departamento de Madre de Dios, es fundamental comprender diversos aspectos ecológicos, dendrológicos y anatómicos de estas especies amenazadas. Por ello, es necesario llevar a cabo investigaciones que contribuyan al manejo adecuado de los bosques de esta región. Con respecto a *Cedrela odorata* L., no se tiene conocimiento exacto de la edad de los árboles, su crecimiento en diámetro ni su relación con el fenómeno de El Niño en Madre de Dios (bosque de terraza alta). Por tal motivo, la finalidad principal de esta investigación fue montar la cronología de la especie *Cedrela odorata* L., en un bosque de Madre de Dios de terraza alta, con el fin de conocer la edad de los árboles, su crecimiento en diámetro y la correlación con el fenómeno El Niño.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el crecimiento de *Cedrela odorata* L., en un bosque de terraza alta del departamento de Madre de Dios y cuál es la edad promedio de estos árboles?

1.3 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- ✓ Determinar la dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L., en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Caracterizar las camadas de crecimiento de la especie *Cedrela odorata* L.
- ✓ Determinar la dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L.
- ✓ Determinar el incremento radial de los árboles de *Cedrela odorata* L.
- ✓ Determinar la relación clima local y el crecimiento de *Cedrela odorata* L.
- ✓ Analizar la cronología de *Cedrela odorata* L., y el fenómeno de “El Niño”.

1.4 Variables

Las variables que se examinarán en esta tesis de pregrado incluyen:

- ✓ Variables independientes: Número y ancho de las camadas de crecimiento.
- ✓ Variables dependientes: Edad e incremento medio de los árboles, relaciones de la cronología con el clima local y el fenómeno El Niño.

1.5 Operacionalización de variables

Seguidamente, se muestra la Tabla 01 en el cual se muestra los indicadores y definiciones de las variables:

Tabla 1. Indicadores y definiciones.

Variables	Indicadores	Instrumento	Unidad/escala	Fuente
<i>C. odorata</i> y el número de anillos de crecimiento.	Contar las series (muestras) en dirección corteza a la médula.	Núcleos de maderas (muestras), estereoscopio y lupa de 10x.	Anillos de crecimiento - número.	International Association of Wood Anatomists.
<i>C. odorata</i> y el ancho de los anillos de crecimiento.	El ancho de los anillos de crecimiento medidos.	El software medición Image Pro-Plus.	mm - milímetros	International Association of Wood Anatomists.
<i>C. odorata</i> y la edad de los árboles.	Determinación con respecto al número de anillos de crecimiento, además del cross-dating.	Cross-dating de las mediciones de las muestras utilizando el COFECHA (software)	Anillos de crecimiento - número.	International Association of Wood Anatomists.
IMA - Incremento Medio Anual.	Ancho de anillos de crecimiento y su medición.	La cronología mediante las muestras.	mm - milímetros	

Relación clima - cronología	Relación del clima local (temperatura y precipitación) versus la cronología.	Datos del clima local mediante información secundaria (NOAA), además de la y cronología.	Correlación (Pearson).	
El fenómeno “El Niño” versus la cronología.	Relación de la cronología y el fenómeno “El Niño”.	El NOAA para los datos históricos de “El Niño” versus la cronología.	Correlación (Pearson).	

1.6 Justificación

1.6.1 Económico

Uno de los objetivos del estudio dendrocronológico de *C. odorata* L., es determinar el incremento anual promedio, lo que brindará información técnica fundamental para comprender el crecimiento de la especie.

1.6.2 Social

El propósito es proporcionar información técnica a la comunidad sobre *Cedrela odorata* L., Esto permitirá aumentar el conocimiento tecnológico acerca de la especie y contribuirá al aprovechamiento sostenible de los recursos por parte de la población.

1.6.3 Ambiental

Es crucial estudiar la biodiversidad, para otorgarle un valor económico y fomentar el entendimiento de especies como *Cedrela. Odorata* L., Este enfoque ayudará a implementar un manejo sostenible del medio ambiente, previniendo la sobreexplotación de nuestros recursos naturales.

1.6.4 Científico

Al nivel científico es importante realizar estudios dendrocronológicos de esta especie forestal porque esta impactada y además diversos estudios se han realizado en la Amazonía de Sur América y se pretende aportar al estudio de esta especie en los estudios de los anillos de crecimiento del cedro.

1.7 Consideraciones éticas

Este trabajo de investigación, en cada una de las fases de desarrollo de la tesis (planificación, ejecución y análisis), se comprometerá a cumplir con los principios éticos, ambientales y sociales establecidos en las leyes: Ley Forestal y de Fauna Silvestre (29763), Ley (28611) General del Ambiente, y demás reglamentos y normativas de la UNAMAD.

Los procesos de colecta de los árboles de *Cedrela odorata*, se realizarán cuidando los árboles realizando el menor daño posible y además el orificio generado en la extracción de la muestra de madera de manera no destructiva, se echará un cicatrizante hormonal y se sellara con silicona para evitar los ataque de patógenos.

Por otro lado, toda la bibliografía consultada y plasmada en la tesis será citada respetando los derechos de autor.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Tomazello, Botosso y Lisi (2000). En la investigación: Potencial de la familia Meliaceae para dendrocronología en regiones tropicales y subtropicales. Innumerables familias de árboles tropicales de latifoliadas poseen potencial para la dendrocronología, dentro de ellas está la de las Meliaceas. En estas los géneros *Cedrela*, *Swietenia* King in Hook y *Toona*, reúnen importantes características para su aplicación en dendrocronología. *Cedrela odorata* L., en África las variaciones del diámetro del tronco (bandas dendrométricas) y las fenofases de los árboles de *Cedrela odorata* L., y de las meliáceas nativas, fueron relacionadas con la formación de las camadas de crecimiento y con el clima, por un periodo de 6 años. En *Cedrela odorata* L., los anillos de crecimiento son anuales, distintos claramente y demarcados por las cicatrices en el leño (resultado de heridas de las células de la camada cambial), permitiendo determinar la edad y las tasas de crecimiento en diámetro del tronco, a lo largo de los años. El desenvolvimiento vegetativo y los altos incrementos del tronco ocurren en la estación lluviosa (abril - noviembre), seguidos de reducción del crecimiento en el periodo seco (diciembre-marzo), coincidiendo con la caducidad de las plantas (diciembre-enero). Estación seca larga de ocurrencia no común en noviembre-marzo, con precipitación mensual inferior a 100 mm, induce prolongada paralización del crecimiento en circunferencia del tronco y amplia del periodo de caducidad de los árboles. El crecimiento es reiniciado por la formación de las nuevas hojas y consecuentemente reactivación del cambium, en el primer mes con precipitación encima de

100 mm habiendo, de esta forma retoma la actividad cambial en febrero (1971 y 1973) y en abril (1970 y 1972). Las tasas más altas del crecimiento en diámetro del tronco ocurren cuando todo el follaje se encuentra completo, no existiendo relación entre el espesor del leño formado con la intensidad de precipitación de marzo-octubre, cuando el valor es superior a 100 mm/mes. Las claras líneas concéntricas de parénquima axial definen los límites de los anillos anuales de crecimiento y están localizadas junto a los canales traumáticos y a las cicatrices del leño, indicando el exacto momento de la retomada de la actividad cambial.

Tomazello *et al.* (2001). En su investigación *Cedrela angustifolia* Ses. Et Moc. Ex Dc., Meliaceae: potencial special for tropical dendrochronology. Describieron las características de *Cedrela angustifolia*, su dendrología, ecología, silvicultura y anatomía de la madera. Esta especie de Meliaceae que ocurre naturalmente en América Latina produce anillos de crecimiento anuales con sensibilidad a las variables climáticas, como la lluvia y la temperatura, que muestran potencial para la reconstrucción climática. La densitometría de rayos X de la madera constituye, además del análisis habitual de la anatomía de la madera, un método adecuado para delimitar las camadas de crecimiento anuales, así como para identificar la variación de la densidad de la madera de médula a corteza y dentro de los anillos de crecimiento.

Dünisch, Ribeiro y Bauch (2003). Mencionan que el ancho de las regiones de incremento en la madera de las especies de *Swietenia macrophylla* King y *Cedrela odorata* L., fue investigado por métodos dendroecológicos en un bosque primario cerca de Aripuana, Mato Grosso, Brasil (10° 09'S, 59° 26'W). El periodo anual de la célula cambial división y su variación intra-anual fueron determinados por mediciones dendrométricas de 30 árboles de cada especie. Cronología de anillos de árboles para *Swietenia* y *Cedrela* fueron desarrollados a partir de curvas de incremento de 33 y de 47 *Swietenia* y 51 de 64 árboles de *Cedrela*. Se calcularon correlaciones simples entre el radial incremento de crecimiento y

precipitación mensual del período. 1890-2000. En *Swietenia*, se produjo actividad de cambium. A lo largo de casi todo el año, pero en *Cedrela* fue restringido al período lluvioso desde septiembre del año anterior a junio del año en curso. Los anillos de crecimiento de los árboles fueron anualmente formados en el bosque juvenil y adulto de *Cedrela*, mientras que en *Swietenia* la formación anual de las camadas estaba restringido a la madera adulta. En consecuencia, en la edad de los árboles de *Swietenia* podría ser fechada por los anillos de los árboles. En buena aproximación, mientras datan la edad de la *Cedrela*. Los árboles eran exactos los análisis de correlación revelaron una significativa relación entre la precipitación al principio y al final de la temporada de crecimiento y el ancho de las regiones de incremento en la madera adulto de *S. macrophylla*. En contraste, el ancho del incremento de crecimiento en el xilema de *Cedrela* se correlacionó significativamente con la precipitación en marzo y mayo del período de crecimiento anterior.

Marcati, Angyalossy y Evert (2006). Se investigaron el cambium y la periodicidad de la formación de xilemas secundarios en *Cedrela fissilis* Vell., una especie semi-anillada porosa. Las muestras de madera se recolectaron periódicamente de 1996 a 2000. La fenología se relacionó con los datos climáticos de la región. El cambium tiene un período activo y otro latente por año. El período activo coincide con la estación húmeda cuando salen las hojas de los árboles. El período inactivo coincide con la estación seca, cuando los árboles pierden sus hojas. Los anillos de crecimiento están marcados por bandas de parénquima que comienzan a formarse, junto con los pequeños vasos de madera tardía, justo antes de que el cambium se vuelva latente al comienzo de la estación seca. Estas bandas se agregan cuando el cambium se reactiva en la estación húmeda. En este momento, también se forman los grandes vasos de madera temprana de las camadas de crecimiento. Como estas bandas consisten en parénquima terminal e inicial, sugerimos que se use el término general bandas marginales para describirlas. Las capas de crecimiento varían en anchura entre y dentro de los árboles.

Schipper (2011). En su tesis de maestría estudió 21 árboles *Cedrela odorata* L., donde determinó la dendrocronología de la especie cedro en bosques naturales, de las concesiones del Consolidado Otorongo, del distrito de Iberia de la provincia de Tahuamanu-Madre de Dios, Perú, presentando de 84 años a 158 años de edad. La edad técnica para el corte, que se corresponde con un promedio de 37 años, y la edad de corte mínima, según el diámetro mínimo para corte legal, se estableció en 126 años. A través del análisis de los anillos de crecimiento de *Cedrela odorata* L., se logró determinar la tasa de crecimiento de esta especie. El cedro, una especie tanto tropical como subtropical, posee un gran potencial para los estudios de anillos de crecimiento, ya que permite identificar señales climáticas en las series cronológicas de los anillos de crecimiento. Se observó que el crecimiento radial se correlaciona negativamente con las temperaturas al comienzo del verano y el final de la primavera, positivamente con las precipitaciones. Finalmente, las señales encontradas en las camadas de crecimiento de *Cedrela odorata* L., como respuesta a fenómenos climáticos como "El Niño", resaltan el potencial dendroclimático de esta especie en América del Sur.

Andreacci, Botosso y Galvão (2013). En su investigación: Señales climáticas en anillos de crecimiento de *Cedrela fissilis* Vell., en diferentes tipologías de bosques ombrofila del Sur del Brasil, encontraron que las camadas de crecimiento de *Cedrela fissilis* Vell., se analizaron en dos unidades fitogeográficas del estado de Paraná, en áreas de bosques densos y mixtos ombrófilos, costeros y de meseta, en el dominio forestal Atlántica, buscando encontrar signos climáticos en la serie radial temporal de anillos de crecimiento. Las áreas no tienen una estación seca bien definida, con lluvias bien distribuidas durante todo el año. En la zona costera, las temperaturas son altas y constantes a lo largo del año, mientras que en la zona de la costa. Las temperaturas de la meseta son más suaves, con variaciones considerables durante el año. En ambos se recolectaron áreas de los individuos seleccionados, 15 en la costa y 21 en

la meseta. Los anillos de crecimiento fueron calificados, medidos, sometidos a control de calidad a través del programa COFECHA® y las cronologías se generaron utilizando el programa ARSTAN®. Las señales climáticas en la serie se identificaron utilizando las correlaciones de Pearson. La serie analizadas desde el área de la meseta mostraron mejores correlaciones con la temperatura y precipitación, con signos climáticos identificados, mientras que las series costeras no podrían ser fechadas con total precisión. Se le atribuye la hipótesis de competencia, principalmente por la luz, Para explicar la dificultad de salir con individuos en la costa.

Ferrero *et al.* (2013), señalan que los bosques subtropicales en zonas montañosas se desarrollan bajo diversas condiciones ambientales. Sin embargo, hay un conocimiento limitado sobre cómo los árboles del bosque subtropical se reaccionan con el clima a lo extenso de diferentes altitudes ecológicas. Con el fin de entender en qué y cómo el grado el crecimiento de los árboles es afectado por el clima. Se analizaron las respuestas de los árboles a diversas condiciones climáticas en 15 cronologías de 4 especies distintas (*Schinopsis lorentzii*, *Juglans australis*, *Cedrela lilloi*, *Alnus acuminata*), en una variedad de hábitats de los bosques del noroeste subtropicales en Argentina de 22 a 28° S, de 64 a 66° W. Mediante el uso de correlación y análisis de componentes principales, se determinaron las diferencias entre sitios y especies en las respuestas de los árboles al crecimiento en relación con la precipitación y la temperatura a lo largo del gradiente de elevación desde las tierras bajas del Chaco seco-cálido hasta las montañas húmedas y frías de las Yungas. Los resultados obtenidos exponen que las especies presentan respuestas que dependen de la severidad del clima a lo largo de la elevación de la del gradiente. En condiciones menos favorables, mayormente situados en los extremos de la variación ambiental, se registraron respuestas distintas entre especies. Aunque el climática y sus variaciones fueron parecidas, en áreas con condiciones menos drásticas, el crecimiento de los árboles presentó una gran diversidad de respuestas, lo que reflejó tanto las

diferencias en los factores ambientales locales como en la fisiología de las especies. La investigación sugiere que las respuestas individuales a la variabilidad ambiental determinarían las diferencias en el tipo y el momento de las reacciones de los árboles dominantes al clima, lo que, en última instancia, podría cambiar la composición de especies en las regiones montañosas subtropicales de Sudamérica frente a futuros cambios climáticos.

Becerra y Zevallos (2014). Investigaron tres especies forestales: Cedro *Cedrela odorata* L. Romerillo Macho *Retrophyllum rospigliosii* Pilger y *Prumnopitys harmsiana* Pilger (Romerillo Hembra) a través de la dendrocronológica, para determinar los turnos de corta, comparándolos con los establecidos legalmente en el Perú, ubicados en un bosque de neblina, en los remanentes de la región de San Ignacio, en Cajamarca, Perú, se obtuvieron curvas de crecimiento en diámetro para cada especie. El Cedro tuvo un ciclo de corte a los 113 años. En su estado natural, el Cedro mostró un crecimiento inicial diferente al de las plantaciones manejadas, alcanzando un incremento medio anual (IMA) de 2,57 cm/año en diámetro. El Romerillo Macho presentó este crecimiento a los 109 años, mientras que el Romerillo Hembra lo hizo a los 121 años. Es recomendable aplicar entresacas y raleos en 20 años para conseguir de las especies estudiadas un buen manejo sostenible. El *P. harmsiana*, debido a su reclutamiento escaso, debe recibir técnicas conservación y silviculturales.

Pereyra *et al.* (2014), en su investigación, evaluaron el potencial de *C. odorata* para investigaciones dendrocronológicas en el Perú (Selva Central). Para este propósito, examinaron la anatomía y sus características que caracterizan los anillos de crecimiento, crearon una cronología de estos anillos y establecieron la relación entre el crecimiento de los árboles y los registros de precipitación. La cronología de los anillos consta de 47 series provenientes de 27 árboles, cubriendo el intervalo de 1795 a 2009. Los anillos de crecimiento de los árboles están notoriamente

delimitados por bandas de parénquima, una porosidad semicircular, y marginal. Los árboles (crecimiento) estuvieron influenciados por las precipitaciones de la estación húmeda del año anterior y las de los últimos días de la estación seca del mismo período de crecimiento. También se identificó una correlación significativa entre el crecimiento y las precipitaciones totales, considerando el ciclo hidrológico de diciembre a septiembre, durante el lapso de 1990 a 2009. Estos resultados reflejan la influencia de las lluvias en el crecimiento radial de la especie *C. odorata*. La clara definición de los anillos de crecimiento anuales, la fuerte correlación con las lluvias, la longevidad de los árboles y el amplio rango de distribución, hacen de *Cedrela odorata* L., una especie prometedora para estudios dendroecológicos y dendroclimatológicos en los bosques subtropicales y tropicales de América.

Martínez (2015). utilizó la dendro-ecología como enfoque científico para estudiar el crecimiento y su dinámica de *C. odorata* L., y *S. macrophylla*. En su investigación, se estudió el ancho de las camadas de crecimiento, se generaron curvas de crecimiento por árbol acumuladas y se aplicaron funciones sigmoides para modelar la relación entre la edad de los árboles y el diámetro del tronco en la Reserva de la Biosfera Maya en Petén Guatemala. Los resultados revelaron que ambas especies mostraron anillos de crecimiento anuales (Figura 01). Se elaboró una cronología estandarizada para *Swietenia macrophylla* King., que abarca de 1927 a 2014 con 87 años, mientras que para *Cedrela odorata* L., se construyó una cronología de 70 años, desde 1944 hasta 2014. En cuanto al crecimiento, *Swietenia macrophylla* King., presentó un IMA - Incremento Medio Anual de 0,43 cm por año a lo largo de su vida. *Swietenia macrophylla* King., muestreados presentó edades que variaron entre 40 a 184 años, alcanzando su turno de corta biológico a los 92 años, con un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 48 cm. Por su parte, el turno biológico de *Cedrela odorata* L., se calculó en 85 años, con edades de los árboles que variaron entre 35 a 110 años y un IMA durante toda su vida de 0,65 cm por año. La especie *Cedrela odorata* L., logra su turno

biológico a los 85 años con un DAP de 65 cm. También el estudio estableció relaciones de ambas especies entre el crecimiento y las condiciones climáticas. Se consiguieron correlaciones positivas y negativas significativas, el crecimiento de *Swietenia macrophylla* King., entre la precipitación del año previo. Para *Cedrela odorata* L., no se observó una correlación significativa con la precipitación; sin embargo, la temperatura media y mínima de los años previos y actuales mostraron una correlación significativa con el crecimiento de ambas especies. El principal objetivo de este estudio fue generar información útil para ofrecer recomendaciones científicas sobre acciones de manejo y prácticas de aprovechar (como los DMC, turnos biológicos y ciclos de corta) los recursos del bosque, con el fin de apoyar a la sostenibilidad de los ecosistemas forestales en la región de Petén, Guatemala.

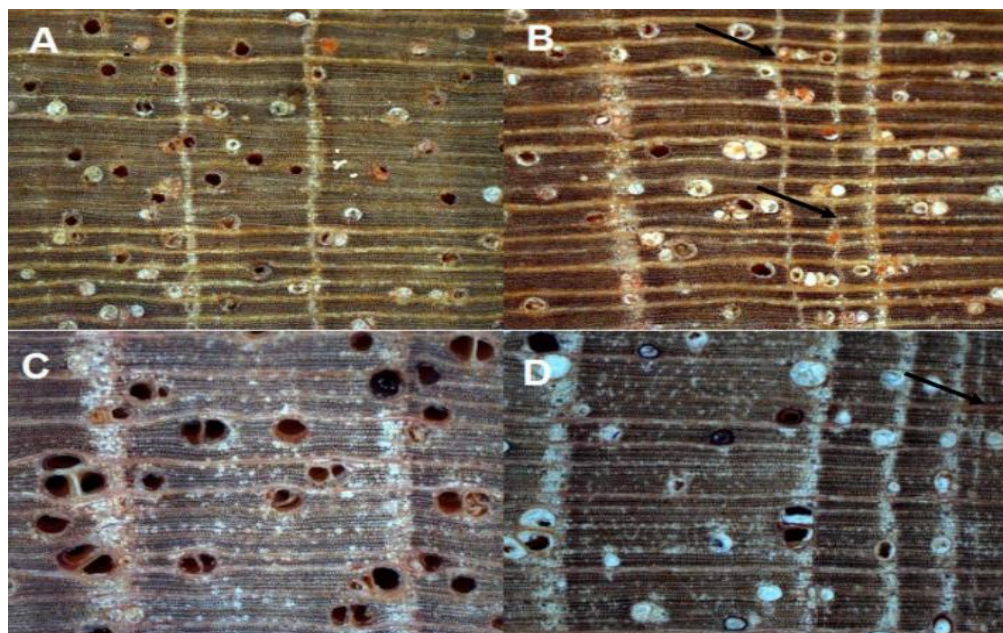


Figura 1. Anatomía microscópica de la madera en las dos especies (A) anillos de crecimiento de *Swietenia macrophylla* King. (B) falsos anillos en *Swietenia macrophylla* King. (flechas negras), (C) anillos de crecimiento en *Cedrela odorata* L. y (D) falsos anillos en *Cedrela odorata* L. (Martínez 2015).

Paredes (2015), en su tesis doctoral, destaca el alto valor de las especies de *Cedrela* debido a la excelente calidad de su madera. Estas especies

se desarrollan en una variedad de gradientes ambientales y en diferentes tipos de bosques en Bolivia. El estudio empleó métodos dendrocronológicos para examinar la relación entre el crecimiento de los árboles y la precipitación de dos especies distintas. Las especies de *Cedrela* provienen de tres áreas con condiciones ambientales secas: el Chiquitano, el Chiquitano de transición amazónica y los bosques montanos boliviano-tucumanos. Se recogieron 12 muestras de *Cedrela fissilis* Vell., (12) del Chiquitano seco, de *Cedrela fissilis* Vell., (11) de la zona de transición amazónica del Chiquitano, y ejemplares de *C. angustifolia* (30) de los bosques montanos de Tucumán, Bolivia. Aunque los anillos de crecimiento de los árboles en la transición del bosque eran más estrechos y presentaban bandas difusas de parénquima en los límites, las muestras se cruzaron y mostraron entre los tres sitios de muestreo, una señal semejante entre los árboles estudiados. Se observó una correlación significativa entre las series de las especies *Cedrela fissilis* Vell., del Chiquitano seco y los bosques amazónicos de transición chiquitano con $r = 0,261$ y $r = 0,284$ respectivamente y para *C. angustifolia* de bosques montanos bolivianos-tucumanos con una serie de intercorrelaciones de $r = 0,374$. El crecimiento medio anual fue de 2,07 mm/año, 1,92 mm/año y 2,82 mm/año respectivamente. Según Concepción y Postrevale, las especies de *Cedrela* fueron sensibles las precipitaciones de octubre a abril (estación más húmeda) y bajas temperaturas durante los meses más secos meses (de mayo a julio); y las muestras de Guarayos parecían ser más sensibles a precipitación durante la temporada de precipitación tardía (marzo, abril y mayo del año en curso) y alta Temperaturas correspondientes a los meses lluviosos (noviembre a diciembre). Este crecimiento, las diferencias entre los sitios y las especies y su respuesta a las variaciones climáticas deben ser Considerado y manejado con diferentes lineamientos de manejo forestal.

Baker *et al.* (2017), en su investigación titulada: ¿*Cedrela* siempre forma anillos anuales? Prueba de periodicidad de anillo en toda América del Sur utilizando datación por radiocarbono. Los anillos de los árboles tropicales

tienen el potencial de tener valiosa información ecológica y climática, sobre la condición que los anillos son anuales y fechados con precisión. Es importante entender los factores que controlan la formación de anillos, dado que la variación regional en estos factores podría hacer que los árboles en diferentes regiones formen anillos en diferentes tiempos. Aquí, usamos radiocarbono (^{14}C). Fechando, para probar la periodicidad de la formación de anillos en Cedrela, árboles de cuatro sitios a lo largo de la América del Sur tropical. Mostraron que los árboles de Bolivia, Ecuador y Venezuela han desarrollado fiablemente los anillos de árboles anuales, mientras que los árboles de Suriname regularmente forma dos anillos por año. Esto prueba que mientras el árbol anillos de una especie particular puede ser demostrablemente anuales en un sitio, esto no implica que los anillos se formen anualmente en otros lugares. Exploramos posibles impulsores de variación en periodicidad de anillo y encontrar que los ritmos de crecimiento de Cedrela son probablemente causadas por la estacionalidad de la precipitación, con un posible grado de control genético. Por lo tanto, árbol-anillo, los estudios realizados en nuevos lugares en los trópicos requieren validación independiente de la naturaleza anual de los anillos de los árboles independientemente de cómo se comporten las especies estudiadas en otras localizaciones.

Inga y del Valle (2017), mencionan que varios estudios sobre el crecimiento en el DAP - Diámetro a la Altura del Pecho en árboles enfrentan problemas, como heteroscedasticidad, autocorrelación temporal y bajos ajustes estadísticos. En estudios de crecimiento mediante anillos, en ocasiones se omiten los modelos de crecimiento, mostrando solo una curva promedio o suavizada, mientras que los estudios que emplean modelos a menudo no abordan los problemas previamente mencionados. Por estas razones, este estudio propone un nuevo enfoque para el modelado clásico de $D = f(t)$, donde t representa la edad (años), utilizando la transformación logarítmica de la tasa de crecimiento relativa $\ln(1/D) (dD/dt) = \ln f(D, A)$, donde la asíntota es A de D según el modelo de tasa de crecimiento diferencial de von

Bertalanffy. Se lograron ajustes estadísticamente significativos para *Cedrela odorata* L. (ME = 65%, eficiencia del modelo, ME, análoga a R² en regresiones no lineales), y se obtuvieron para *Juglans neotropica* (ME = 78%), cumpliendo con todos los supuestos de regresión. Las ecuaciones fueron integradas para obtener $D = f(t)$ para ambas especies, seguidas de una validación independiente y apropiada. Con base en estos resultados, se calcularon las ecuaciones y se analizaron las características de la silvicultura y la historia de vida y para las dos especies. Este método no parece haber sido previamente trabajado en estudios sobre los árboles y su crecimiento.

2.2 Bases teórico

2.1.1. Descripciones taxonómicas de las especies a estudiar.

Clasificación obtenida de Tropicos.org (2019):

- División : Angiospermas.
- Clase : Dicotiledóneas.
- Orden : Sapindales.
- Familia : Meliaceae.
- Género : Cedrela
- Nombre científico: *Cedrela odorata* L.
- Sinónimos Botánicos:

C. mexicana M. Roem., *C. longipes* S.F. Blake, *C. glaziovii* C. DC., *C. ciliolata* S.F. Blake, *C. huberi* Ducke, *C. brownii* Loefl., *C. brachystachya* (C. DC.) C. DC., *C. longipetiolulata* Harms, *C. hassleri* (C. DC.) C. DC., *C. guianensis* A. Juss., *C. impropinata* C. DC., *C. dugesii* S. Watson, *C. caldasana* C. DC., *C. cubensis* Bisse, *C. adenophylla* Mart.

2.1.2. Descripciones dendrológica

Árbol de gran tamaño, con una irregular copa, dispersa y amplia. El tronco recto, cilíndrico y formado, con ramas gruesas, ramaje

denso y redondeada es la copa. La corteza es fisurada, de color grisáceo claro, con un fuerte aroma a ajo y un interior rosado y amargo. Su madera tiene un aroma fuerte y recuerda a la caoba. Sobre el follaje alcanzar aproximadamente de largo 1 m, con entre 10 a 20 pares de hojas. El largo de 7 a 16 cm, escasamente pubescentes o glabras, con olor característico semejante a ajo. De color blanco amarillentas las inflorescencias, dispuestas en forma de panículas terminales de aproximadamente de largo 40 cm, aromáticas suavemente. Es monoica la especie. En cápsula es su frutos secos, lechosos y dehiscente, con cinco valvas que miden entre 2,5 y 3,5 cm. Son aladas las semillas, de color marrón, incluyendo el ala con el tamaño de 2 y 3 cm de largo. Tiene un olor y sabor característico también a ajo (Rojas y Torres 2014).

2.1.3. Características anatómicas

Según León (2009), la anatomía de la especie *Cedrela odorata* se ha continuación:

La madera tiene un color rosado la albura de 7,5YR 8/4, el duramen de color amarillento a rojizo marrón de 5YR 7/6, con un cambio abrupta entre la albura y el duramen. Su sabor es amargo y el olor es penetrante y. Presenta un brillo medio a alto, y el grano es recto o ligeramente inclinado, siendo recto predominantemente. La textura es media, ligera y blanda, con una dureza moderada y peso considerable. Los anillos de crecimiento son claramente definidos por parénquima en bandas de tipo marginal y porosidad semicircular.

Porosidad semicircular. Los poros no siguen un patrón específico en su disposición, siendo solitarios o distribuidos radialmente en grupos de 2 - 3 (-4), ocasionalmente agrupados, con 3 - 4 poros/mm². El diámetro tangencial varía de (80) 161 - 231 (-370) µm. Los elementos vasculares su longitud varía entre (190-) 360

- 373 (-580) μm . Las punteaduras intervasculares son alternas, ovaladas a circulares, a raramente poligonales, de tamaño pequeño a mediano, con un diámetro de (5-) 6,25 - 8,75 μm (Figura 02), sin ornamentación. Las punteaduras radiovasculares son similares a las intervasculares. Se observan goma como depósitos. Las fibras pueden ser septadas o no, con paredes medianas a delgadas, y su longitud varía de (1025) 1285 a 1362 (1695) μm , con punteaduras de distribución areolada.

Parénquima paratraqueal aliforme con ala corta, apotraqueal difuso, vasicéntrico, y en algunos casos confluyente, marginal; en series de 4-8 (-9) células. Los radios homocelulares tienen células procumbentes y heterocelulares con rutas de células marginales, con (2-) 3-5 radios por mm y un ancho de 1-4 células, siendo predominantemente de 3-4 células. La altura varía entre (255) 337 a 443 (-560) μm . Los Cristales (prismáticos) en células cuadradas y procumbentes de los radios, a veces en cámaras, y en el axial parénquima; 1 (-2) cristales por cada cámara o célula.

Características de diagnóstico

Macroscópicas: Las camadas de crecimiento son claramente definidos. La madera presenta porosidad semicircular y poros que contienen goma. Se observa parénquima marginal y radios que varían entre tamaños finos a medianos. El lustre es alto, con un olor penetrante y un sabor amargo.

Microscópicas: Se presenta una porosidad semicircular, con poros que contienen goma y menos de 5 poros/ mm^2 (baja frecuencia). Las punteaduras intervasculares varían de medianas a pequeñas. El parénquima marginal se combina con el apotraqueal difuso y paratraqueal vasicéntrico, formando series de hasta 8 (-9) células. Los radios son predominantemente células de ancho de 3 - 4, y se observan pocos cristales prismáticos en el parénquima radial y/o axial.

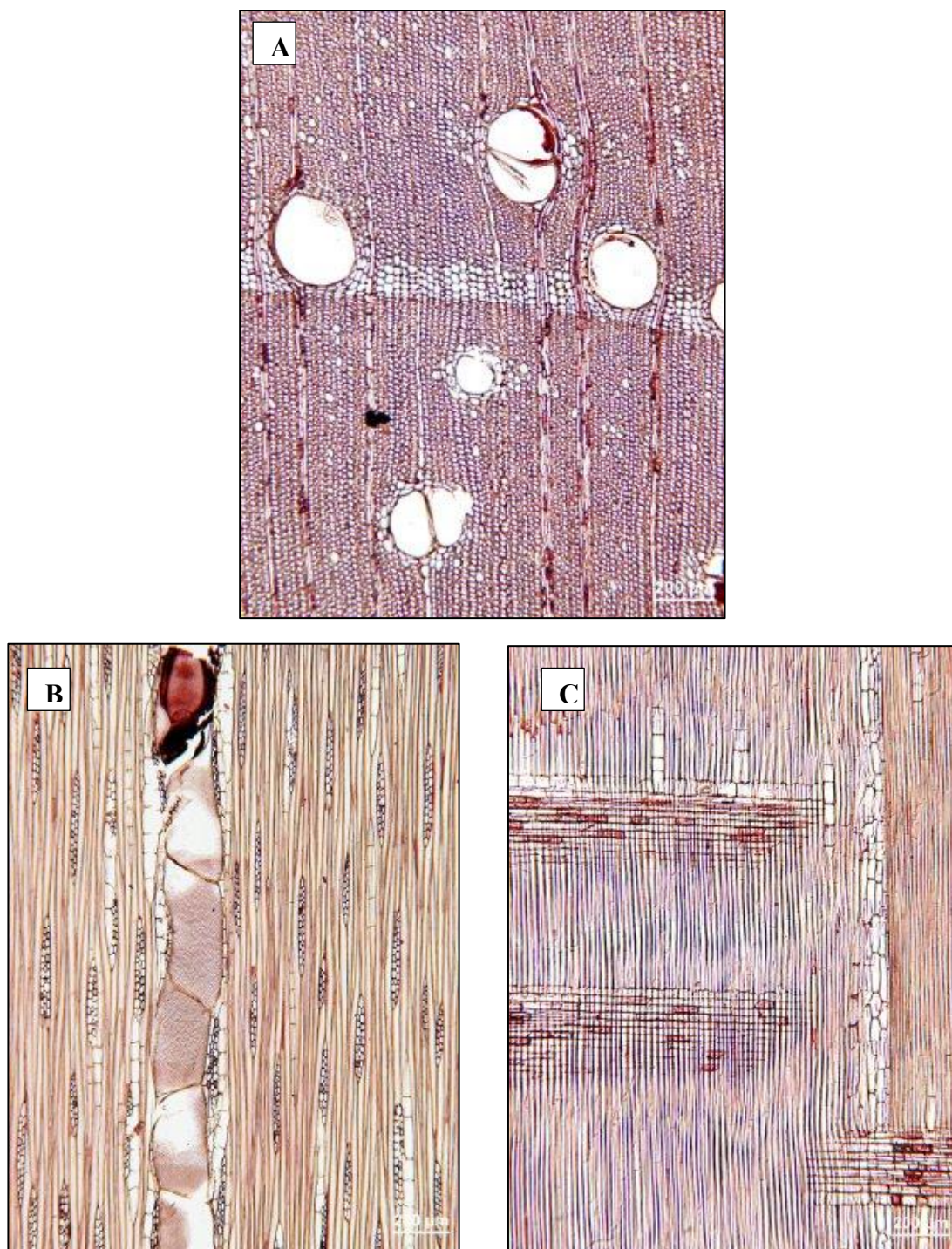


Figura 2. Cortes microscópicos de *Cedrela odorata* L: **(A)** Sección Transversal con los detalles de la marcación de los anillos de crecimiento. **(B)** Sección Tangencial. **(C)** Sección radial. Fuente: (Inside Wood 2019).

2.1.4. Distribución geográfica de *Cedrela odorata* L.

La especie *Cedrela odorata* L., se distribuye geográficamente en varios países, incluyendo Argentina (Misiones, Salta y Tucumán), Belice (Cayo, Corozal y Toledo), Bolivia (Beni, Chuquisaca,

Cochabamba, La Paz, Pando, Santa Cruz y Tarija), Brasil (Acre, Amapá, Amazonas, Bahía, Ceará, Espírito Santo, Goiás y Mato Grosso), China (Guangdong), Colombia (Amazonas, Antioquia, Bolívar y Chocó), Costa Rica (Alajuela, Cartago y San José), Ecuador (Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Napo y Pastaza), El Salvador (Ahuachapán, Cabañas, La Libertad, La Paz y San Salvador), Guyana Francesa (Cayenne), Guatemala (Escuintla, Petén y Santa Rosa), Honduras (Atlántida, Colón y El Paraíso), Madagascar, México (Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca y Puebla), Nicaragua (Carazo, Chinandega y Zelaya), Panamá (Bocas del Toro y Canal Area), Paraguay (Caaguazú y San Pedro), Perú (Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Junín, Lima, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali), Sur África, Surinam y Venezuela (Aragua, Barinas, Bolívar, Delta, Mérida y Zulia). Esta amplia distribución geográfica de la especie se representa en la Figura 03 (Tropicos.org 2019a).



Figura 3. Distribución geográfica de la especie *Cedrela odorata* L. (Tropicos.org 2019b).

2.1.5. Usos

Esta madera se utiliza principalmente en la fabricación de muebles de lujo, gabinetes y muebles en general, así como en la creación de tablas, tableros y chapas. También se emplea en la

producción de láminas para contrachapados, chapas decorativas, piezas torneadas, artículos de madera torneada y mangos de cuchillo. Además, se usa en la construcción naval para la fabricación de embarcaciones, en instrumentos musicales como violines y guitarras, y en la creación de artesanías, arcos de violín y cajas para puros (ITTO 2019).

Usos no maderables: En la medicina tradicional, la corteza de esta especie se utiliza por sus propiedades tónicas, astringentes y antipiréticas. El cocimiento de la madera es recomendado como tratamiento externo para aliviar orquitis y como un vomitivo.

2.3 Definición de términos

Se presentan a continuación, las definiciones de términos usados en la dendrocronología, basadas en el trabajo de Gutiérrez 2009.

Dendrocronología: Este término refleja la conexión directa entre el tiempo y los árboles. Proviene del griego: dendron = “árbol”, crono = “tiempo” y logo = “conocimiento y/o estudio”. Se refiere a una disciplina científica que utiliza principios, técnicas y métodos específicos para determinar la fecha de los anuales anillos de crecimiento, permitiendo separar, conseguir y descifrar la información que estos anillos contienen sobre el desarrollo de los árboles y los factores externos que han influenciado.

El crecimiento de los árboles: Al igual que en todos los organismos, es un proceso biológico que implica a lo largo del tiempo un aumento en el tamaño. El crecimiento se origina por la formación, diferenciación y expansión de células nuevas, lo que da los tejidos y órganos. El incremento se refiere al aumento de tamaño a lo largo de un período de tiempo, como resultado de este proceso. El crecimiento de las plantas lechosas y los árboles, en general es por la actividad celular.

Características de los árboles (peculiaridades): Son plantas perennes los árboles que contienen madera en una gran cantidad, lo que los convierte en los organismos más longevos y grandes. Algunos especímenes pueden alcanzar alturas superiores a los 100 metros. Además, se ha comprobado que ciertos árboles, al contar sus anillos de crecimiento, pueden vivir hasta 9550 años, como en el ejemplo del Abeto Falso en el país de Suecia. Y en el país de España, los árboles más antiguos registrados incluyen ejemplares de *Pinus nigra*, con alrededor de 1000 años (Andalucía), y de *P. uncinata*, mayores a 800 años en el Pirineo.

La formación de los anillos de crecimiento: Los diferentes árboles y su crecimiento, como ocurre con todos los procesos biológicos, no es continuo y puede detenerse en determinados momentos debido a limitaciones impuestas por factores internos o externos. Este proceso da lugar a la formación de anillos. En muchas regiones del mundo, donde existe una marcada estación climática, los árboles interrumpen su crecimiento durante la temporada desfavorable y lo reanudan cuando son favorables las condiciones climáticas. Este patrón de actividad y descanso se refleja en la madera (estructura) en forma de capas concéntricas, que, al realizar una sección transversal, se observan como anillos de crecimientos.

Tipos de anillos de crecimiento: En las gimnospermas-coníferas (como abetos, pinos, entre otros), el xilema temprano es más tenue y está compuesto por células grandes (traqueídas del leño inicial) con paredes celulares delgadas. En contraste, la madera tardía es de un tono oscuro y está compuesta por células pequeñas con las paredes de las células gruesas. En estas gimnospermas, casi toda la madera de coníferas (95%) está constituida por las traqueidas. Las diferencias en el tamaño y color entre la madera tardía de un anillo y la madera temprana del siguiente permiten identificar y datar los anillos con precisión.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de estudio

La tesis de grado que se presenta fue de tipo descriptivo en una primera fase, en la cual se realizó la descripción macroscópica de las camadas de crecimiento de los árboles de *Cedrela odorata* L. Posteriormente, fue de tipo explicativo y, finalmente, de tipo correlacional, porque se correlaciona el ancho de las camadas de crecimiento de los árboles de la especie *C. odorata* L.

3.2 Diseño del estudio

Se utilizó un diseño descriptivo en la presente tesis de grado (Rosero 2009; Latorraca *et al.* 2015).

3.3 Población y muestra

3.1.1. Población

Se efectuó un inventario forestal en el fundo de la UNAMAD denominado “El Bosque”, un bosque con alrededor de 428 hectáreas, las cuales, según la distribución del área para investigación en bloques en total 27 administrativamente, se inventariaron todos los árboles de cedro con un diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 50 centímetros, alcanzando un total de 42 árboles.

3.1.2. Muestra

Del inventario realizado en toda el área del fundo El Bosque, se seleccionaron diez árboles de la especie *Cedrela odorata* para conformar las muestras. La cantidad de árboles se determinó según la NTP N°251.008 2016, tomando como referencia un mínimo de 05

árboles, por lo que se seleccionaron 10 árboles al azar de *C. odorata*, en función de investigaciones previas que utilizaron una muestra de tamaño similar (Rosero 2009; Brienen y Zuidema 2005; Vasconcellos, Tomazello y Callado 2019).

3.4 Métodos y técnicas

La investigación se realizó en el fundo El Bosque, que pertenece a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, situado en la zona de Loboyoc, a unos 15.5 km de la carretera Interoceánica Sur dirección de la ciudad de Puerto Maldonado a la ciudad de Iñapari, dentro del distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, en la región de Madre de Dios. Este fundo abarca una extensión aproximada de 428 hectáreas, distribuidas en 27 bloques. De acuerdo con la clasificación bioclimática de Holdridge (1982), se trata de un bosque de terrazas altas, caracterizada por una precipitación anual superior a los 1000 mm.

➤ Fase de Campo

Después de completar el inventario, se eligieron los árboles (Figura 4) para ser recolectados, basándose en el criterio de que estos presentaran buenas condiciones fitosanitarias, un fuste lo más alto posible y recto, y se consideraron la morfología de la especie *C. odorata* L. (NTP N°251.008 2016). A partir de los árboles selectos, se extrajeron muestras botánicas que fueron identificadas por un experto en botánica.

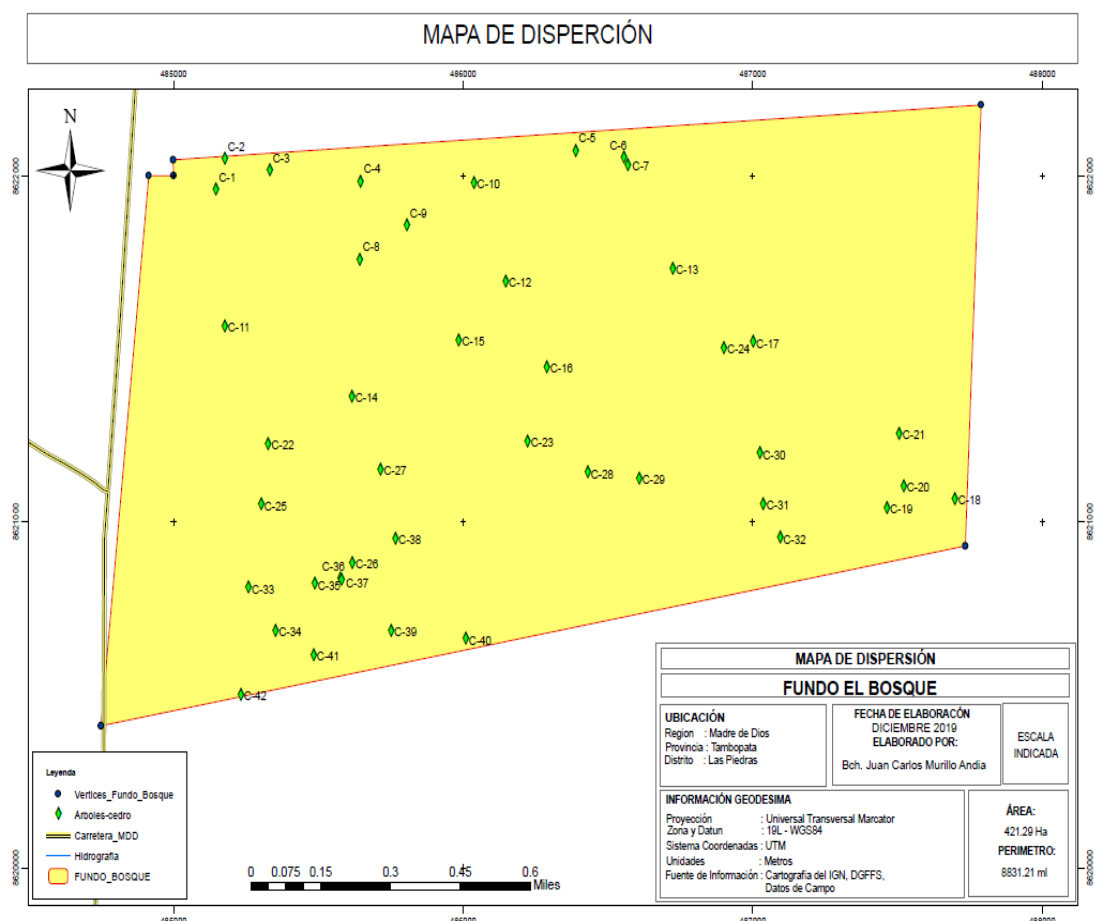


Figura 4. Mapa de dispersión de la población de *Cedrela odorata* L., en el fundo El Bosque, con diámetros iguales o mayores a 50 cm.

En la tabla 2, se muestra los diez árboles seleccionados al azar con las informaciones dasométricas respectivas como coordenadas UTM, altura total de los árboles (ALT.T), altura comercial de los árboles (ALT.C), circunferencia a la altura del pecho (CAP) y el diámetro a la altura del pecho (DAP). Las informaciones de todo el inventario de los 42 árboles de *C. odorata* L., así como el estado fitosanitario y las observaciones de cada árbol se encuentra en anexos.

Se empleó el Barreno o Sonda de Pressler para recolectar las muestras de los árboles mediante un método no invasivo, utilizando dimensiones de 5.1 (diámetro) x 400 mm (longitud). Por árbol, se extrajeron cuatro

muestras (radios) en sentido corteza a médula, separadas a un ángulo de 90° y tomadas a la altura del DAP: Diámetro a la Altura del Pecho (Figura 5), en el tronco de los especímenes elegidos.

Tabla 2. Inventario forestal de los árboles de Cedrela odorata L., en el fundo El Bosque con diámetros iguales o mayores a 50 cm.

DOGIGO DEL ÁRBOL	ESPECIE	ESTE	NORTE	ALT.T	ALT-C	CAP	DAP
C-8	<i>C. odorata</i>	485643	8621758	21	11	251	80
C-9	<i>C. odorata</i>	485806	8621856	18	6	247	79
C-12	<i>C. odorata</i>	486147	8621695	22	10	281	89
C-14	<i>C. odorata</i>	485616	8621360	28	15	330	105
C-15	<i>C. odorata</i>	485985	8621525	26	16	290	92
C-26	<i>C. odorata</i>	485617	8620881	21	12	260	83
C-27	<i>C. odorata</i>	485714	8621150	23	11	223	71
C-36	<i>C. odorata</i>	485577	8620836	20	14	231	74
C-37	<i>C. odorata</i>	485580	8620832	21	11	220	70
C-38	<i>C. odorata</i>	485766	8620951	16	8	161	51

Las muestras de leño de los árboles de *Cedrela odorata* L., fueron obtenidas posteriormente. Los árboles seleccionados se colocaron en tubos plásticos (grandes sorbentes), los cuales fueron etiquetados con códigos para facilitar su distinción e identificación. Finalmente, estas muestras fueron trasladadas a la Planta Piloto de Tecnología de la Madera, el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD.



Figura 5. Extracción de las muestras de madera con el barreno de Pressler. A) Fuste de *Cedrela odorata* L. B) Muestra de madera colectada a la altura del pecho. C) Preservando la herida generada.

➤ **Fase de Laboratorio**

Preparación de las maderas para la caracterización los anillos de crecimiento de la especie *Cedrela odorata* L.

Los radios (muestras) recolectadas fueron primero secadas al medio ambiente y después colocadas en soportes de madera. Posteriormente, se lijaron y pulieron las muestras usando lijas de diversos granos (60 hasta 1200 granos/cm²), con el fin de facilitar la

observación de los anillos de crecimiento de *C. odorata* L., Estas muestras fueron luego escaneadas a 1200 dpi de resolución (Portal 2017). Las caracterizaciones de los anillos de crecimientos de *C. odorata* L., se describió de acuerdo con las Normas Internacionales (IAWA 1989; COPANT 1974)

Seguidamente, las imágenes escaneadas de las muestras (series) de las maderas de la especie *C. odorata* L., fueron medidas utilizando el programa Image Pro Plus. Después de realizar las mediciones manuales del ancho de los anillos de crecimiento, los datos conseguidos por árbol (4 series) fueron llevados a una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2007 para su subsiguiente organización y análisis.

Sincronización y elaboración de la dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L.

Una vez obtenidas las mediciones de los anillos de crecimiento de *C. odorata* L., se llevó a cabo un proceso de verificación y ajuste de la sincronización de las series, tanto dentro de los árboles como entre ellos (Fritts 1974), utilizando el software COFECHA (Holmes 1983). Para generar las cronologías, se utilizó el software ARSTAN (Holmes 1983).

La cronología de *Cedreal odorata* L., fue correlacionada con los valores mensuales de temperatura y precipitación (local) y también con los datos históricos del fenómeno de “El Niño”, que se obtuvieron de la base del *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCEP-NCAR Reanalysis); datos históricos sobre la temperatura del aire y la precipitación total (Kalnay *et al.* 1996).

3.5 Tratamiento de los datos

Para calcular el ancho de los anillos de crecimiento de *C. odorata* L., se utilizó el software Image Pro Plus, cuyos resultados fueron posteriormente transferidos a Microsoft Excel.

El programa COFECHA fue empleado para llevar a cabo el control de calidad de las mediciones de los anillos de crecimiento de *Cedrela odorata* L., en las muestras de los árboles. Se verificó la sincronización de las series de mediciones, comparando cada una con la serie maestra (el promedio de todas las series). Además, se realizaron análisis estadísticos básicos sobre los datos, lo que facilitó la detección de posibles errores o anomalías, como anillos ausentes o valores fuera del rango esperado.

Las cronologías o series maestras de *Cedrela odorata* L., se construyeron mediante el uso del programa ARSTAN, basado en las series de los promedios del ancho de los anillos de crecimiento. Este proceso incluyó la desestacionalización (eliminación de tendencias) y la normalización (indexación) de las series. Además, se utilizó el software estadístico RStudio (R Development Core Team 2013) para el análisis de datos de campo.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de los anillos de crecimiento de los árboles de *Cedrela odorata* L.

Los árboles de *Cedrela odorata* L., del fundo “El Bosque” de la UNAMAD, se caracterizan en la sección transversal por presentar anillos de crecimiento diferenciados a simple vista, delimitado por el tipo de parénquima marginal, que se observa como una línea continua de coloración más clara que la madera. Además, también presenta una porosidad semicircular (Figura 6), donde los vasos de mayor tamaño se ubican en el límite del anillo de crecimiento ayudando a la identificación de los anillos de crecimiento. Sobre los anillos falsos, se pudo identificar que el límite de esta clase de anillos es más tenue y que llega a ser discontinuos o se van perdiendo su marcación.

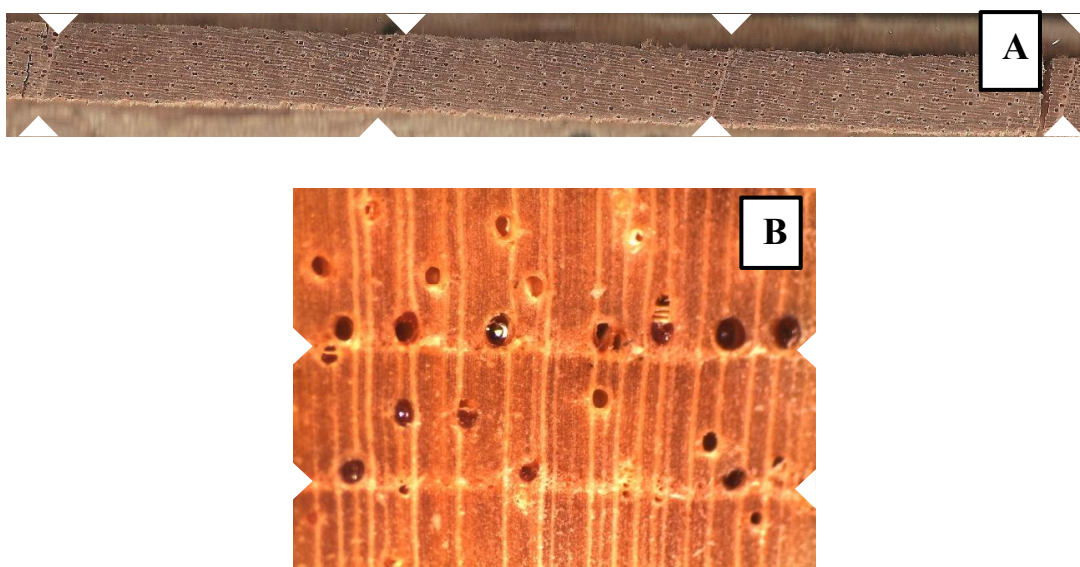


Figura 6. Sección transversal de la especie *Cedrela odorata* L. A) Muestra escaneada visibilizando los anillos de crecimientos por parénquima marginal. B) Muestra obtenida en microscopio estereoscopio. Flechas blancas muestran el límite del anillo de crecimiento.

La información encontrada sobre la demarcación de los árboles de *Cedrela odorata* L., coincide con lo descrito en la literatura científica (León 2009; Paredes 2015; Schipper 2011; Dünisch, Ribeiro y Bauch 2003; Tomazello, Botosso y Lisi 2000), donde mencionan que el anillo de crecimiento de *C. odorata*, se caracteriza principalmente por el parénquima paratraqueal en bandas del tipo marginal y por la porosidad semicircular.

La formación anual de los anillos de crecimiento de *Cedrela* se ha reportado en diferentes investigaciones (Worbes 1999; Dünisch, Ribeiro y Bauch 2003; Brien y Zuidema 2005; Tomazello, Botosso y Lisi 2000).

Según Stahle *et al.* (1999), mencionan que hay cuatro razones para definir que los anillos de los árboles son anuales: A) la fenología, B) la propia anatomía del anillo de crecimiento (visibilidad), C) la datación cruzada y D) la correlación entre los anillos de crecimiento y los datos climáticos. En estos principios (Tomazello, Botosso y Lisi 2000), señalan el gran potencial que tiene no solamente especies del género *Cedrela* sino otras especies de la familia Meliaceae.

La marcación del anillo de crecimiento de los árboles estudiados de *C. odorata* en el fundo El Bosque, también se encuentran en otras especies del mismo género por ejemplo en *Cedrela fissilis*, *Cedrela montana* (Marcati, Angyalossy y Evert 2006; Baker *et al.* 2017).

4.2 Dendrocronología de los árboles de *Cedrela odorata* L.

Con ayuda del software COFECHA, se analizó e interpretó el ancho de los anillos de crecimiento de los 10 árboles de *C. odorata* L., del fundo El bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Donde se correlacionó y sincronizó los 10 árboles estudiados. El control de calidad realizado con ayuda del software COFECHA se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. *Cedrela odorata* L., y el control de calidad del ancho de los anillos de crecimiento.

Especie	<i>Cedrela odorata</i>
Número de árboles	10
Intercorrelación promedio	0,38
Sensibilidad promedio	0,324
Intervalo de la cronología	1963 - 2017
Máxima edad	55 años

Tabla 4. Resultados estadísticos de la datación y estandarización de la cronología de *Cedrela odorata* L.

Especie	Nº de árboles		Cronología (Intervalo)	Edad máxima
	Antes	Después		
<i>Cedrela odorata</i> L.	10 (40)	10 (28)	1963 - 2017	55 años

La intercorrelación de Pearson fue 0,38 siendo es valor por encima de lo establecido por el software COFECHA de 0,32, haciendo que los resultados sean aceptados. La sensibilidad que presenta los diez árboles de *Cedrela odorata* L., fue de 0,324 (Tabla 04). Con el software ARSTAN se consiguió generar la cronología de los árboles del fundo “El Bosque”, denominada también serie master de la especie. La Cronología fue de 55 años (1963 - 2017), considerando a estos árboles como decalustros (Figura 7).

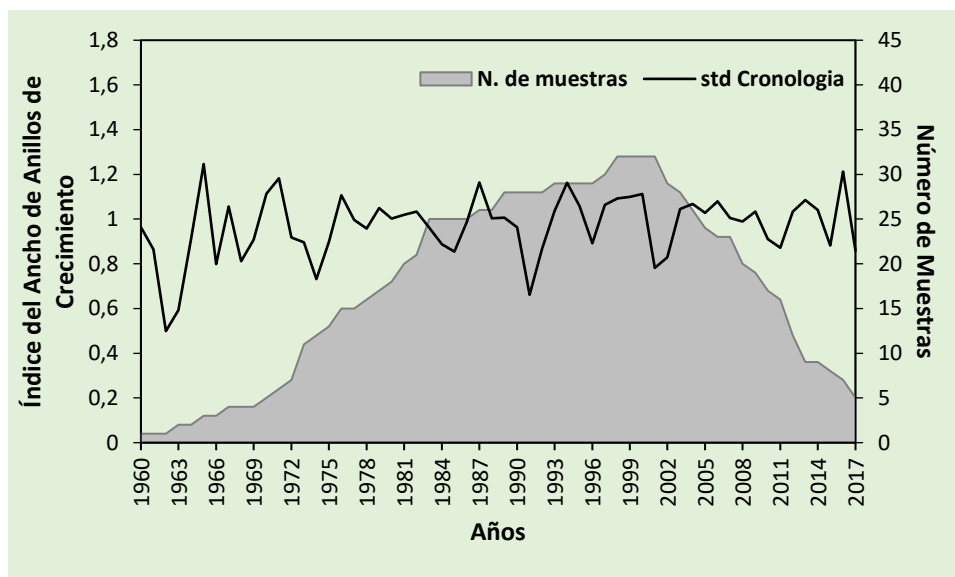


Figura 7.. Serie cronológica master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Cedrela odorata* L., con el número de muestras de la especie.

Realizando las comparaciones con otros estudios de dendrocronología de *Cedrela odorata* L., por ejemplo los resultados de intercorrelación de los anillos de crecimiento en la investigación realizado por Schipper (2011), mostraron que fue igual a 0,499, con 11 árboles. Mucho mayor a lo encontrado en la presente investigación de 0,38; esto se debe posiblemente porque el Schipper utilizó rodajas de madera de los árboles que aprovechaba el Consolidado Otorango, y esto le ayudo a tener una mejor visibilidad de los anillos de crecimiento, y entre los radios de la misma especie y ayudo a tener fuertes correlaciones por árbol y al final la intercorrelación promedio fue mayor.

En el estudio que realizó Inga y del Valle (2017) de dendrocronología de *Cedrela odorata* L., estudiada en la selva central del Perú, se consiguieron intercorrelaciones de 0,419 siendo mayor a lo encontrado en la presente investigación donde utilizaron rodajas de madera y fueron utilizados 09 árboles de la especie sin embargo se puede observar que el número de serie es bien bajo de 16, lo que quiere decir que fue menos de 02 muestras por árbol después del control de calidad.

4.3 Incremento radial de la especie *Cedrela odorata* L.

Los árboles de *Cedrela odorata* L., mostraron una variabilidad en el ancho de los anillos de crecimiento entre los diez árboles analizados de *C. odorata*, variación que estuvo principalmente relacionada con la edad de los árboles.

Los diez árboles de *Cedrela odorata* L., mostraron un patrón de crecimiento similar, aunque eran de diferentes edades (Figura 8). Se observó que el crecimiento en diámetros de los diez árboles presentó un promedio, mínimo y máximo de: 0,57; 0,23 y 0,93 cm/año. Al analizar la trayectoria de crecimiento de estos árboles, se notaron tendencias similares entre los diez árboles de *Cedrela odorata* L., en los cuales los primeros años presentaron un crecimiento similar, y luego los árboles comenzaron a diferenciarse, pero mantuvieron la misma tendencia de crecimiento (Figura 9).

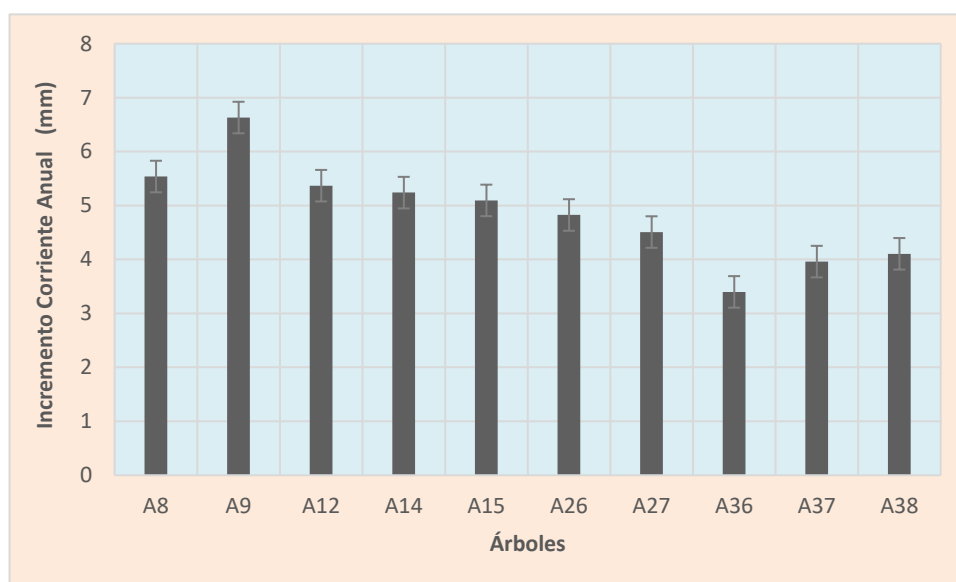


Figura 8. Incremento corriente anual (ICA) de los diez árboles de *Cedrela odorata* L.

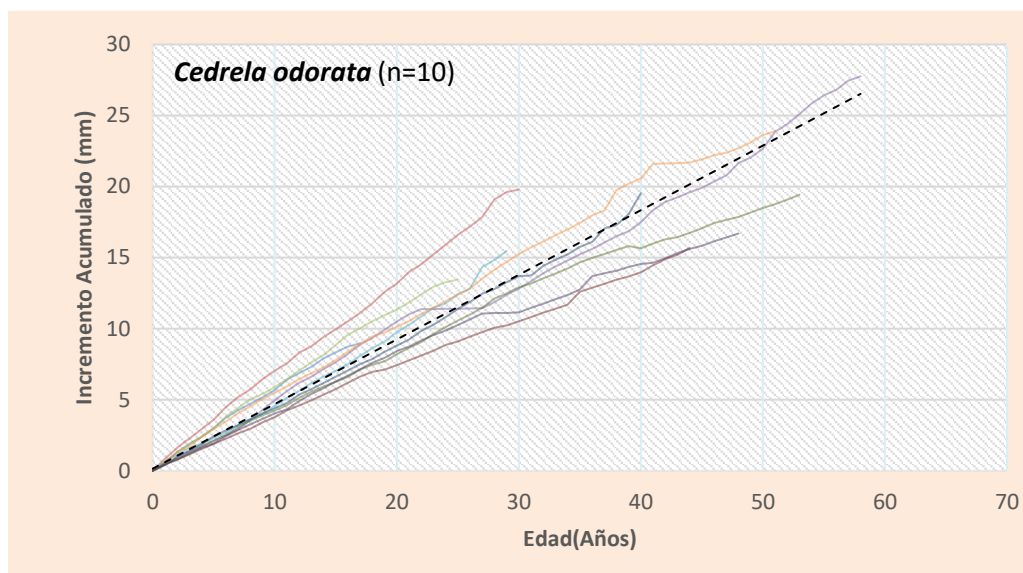


Figura 9. Incremento en diámetro acumulado de los troncos de diez árboles de *Cedrela odorata* L.

Schipper (2011), cuando estudio la dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L., encontró que el IMA - Incremento Medio Anual fue de 0,58 cm/año, estudiando 11 árboles de los bosques de Madre de Dios (Provincia de Tahuamanu), este valor es muy similar a lo encontrado en el presente estudio de 0,57 cm/año en 10 árboles estudiados en los bosques de Madre de Dios (Provincia de Tambopata), lo que nos muestra que el crecimiento promedio de la especie es en ese rango.

Martínez (2015), estudió el incremento medio anual de *Cedrela odorata* L., en Guatemala que fue de 0,63 cm/año, en 15 árboles estudiados de concesiones forestales. Este valor mayor a lo encontrado en la presente investigación. El mismo autor estudio la especie *Swietenia macrophylla* King., encontrando un incremento medio anual de 0,40 cm/año siendo esta de la misma familia Meliaceae.

4.4 Relación clima – crecimiento de *Cedrela odorata* L.

Los árboles de *Cedrela odorata* L., presentaron correlaciones negativas y significativas entre la cronología de la especie de *C. odorata* y la precipitación promedio anual, en el mes de setiembre ($r=-0,27$) del año previo y en el mes de setiembre ($r=-0,31$) del año corriente (Figura 10).

Es posible que la poca relación entre el clima de la zona de estudio y la cronología de la especie este influenciado por otros factores exógenos no estudiados en la presente investigación, como el tipo de bosque de terraza alta, la competencia de las especies dominantes de la zona de estudio, etc.

Si bien la correlación con la precipitación no fueron positivas significativas, se muestra que es la que determina principalmente el crecimiento de la especie, entendiendo que el factor climático limitante en el crecimiento de los árboles tropicales es la precipitación (Tomazello, Roig y Zevallos 2009; Lisi *et al.* 2008).

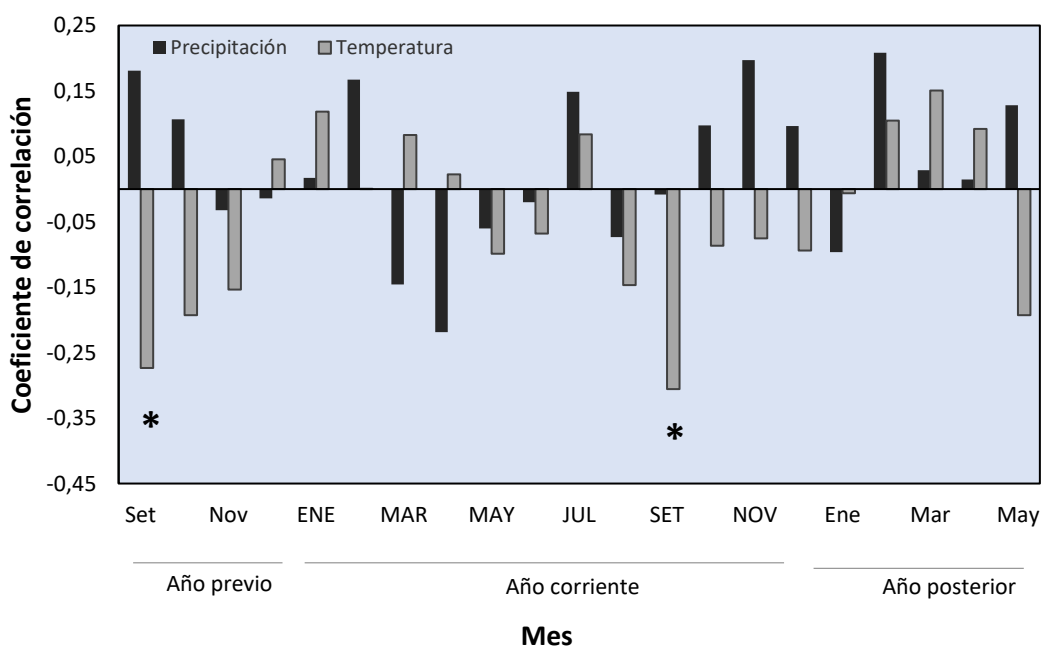


Figura 10. Sensibilidad climatológica de la cronología de *Cedrela odorata* L., con la precipitación media mensual y la temperatura del aire. (*) Denota significancia de 0,05.

Dünisch, Ribeiro y Bauch (2003), indican que el análisis de las correlaciones entre la precipitación y el ancho de las zonas de incremento en la madera de la especie *C. odorata* reveló que las distintas disponibilidades de agua a lo largo de los años contribuyeron, al menos parcialmente, a la varianza en el incremento anual observado en ambas

especies. Esto es consistente con lo que se observa en este estudio, donde los incrementos en el año anterior, el año corriente y el posterior no necesariamente coinciden en los meses de crecimiento.

Baker *et al.* (2017) al estudiar la relación entre la cronología y el clima de dos especies del género *Cedrela* (cedro y cedro montano), encontraron que los árboles de *Cedrela* crecen principalmente durante la estación húmeda y carecen de hojas durante la parte más seca del año. Esto sugiere fuertemente que los anillos de crecimiento de *Cedrela odorata* L., en el fundo El Bosque se forman en respuesta a la disponibilidad estacional de agua.

4.5 Cronología de *Cedrela odorata* L., y el fenómeno de El Niño.

Se comparó la cronología obtenida de los diez árboles de *C. odorata* L., con el fenómeno de El Niño durante el mismo período. En la Figura 11, se observa esta relación, destacando los años en los que el fenómeno de El Niño fue más intenso, lo que resultó en un crecimiento promedio menor de *C. odorata* L., lo cual se reflejó en el ancho de los anillos de crecimiento de esta especie. Estos episodios son claramente notables en los años 1986, 1991, 1997, 2002 y 2015. Esta disminución refleja una tasa de crecimiento más baja en la población de *C. odorata* L., en el fundo El Bosque de la UNAMAD. El ancho de los anillos de crecimiento de *C. odorata* L., fue positivamente correlacionado ($r=0,0086$; $p<0,05$) con el índice El Niño-Océano (ONI) durante el trimestre analizado en noviembre, diciembre y enero.

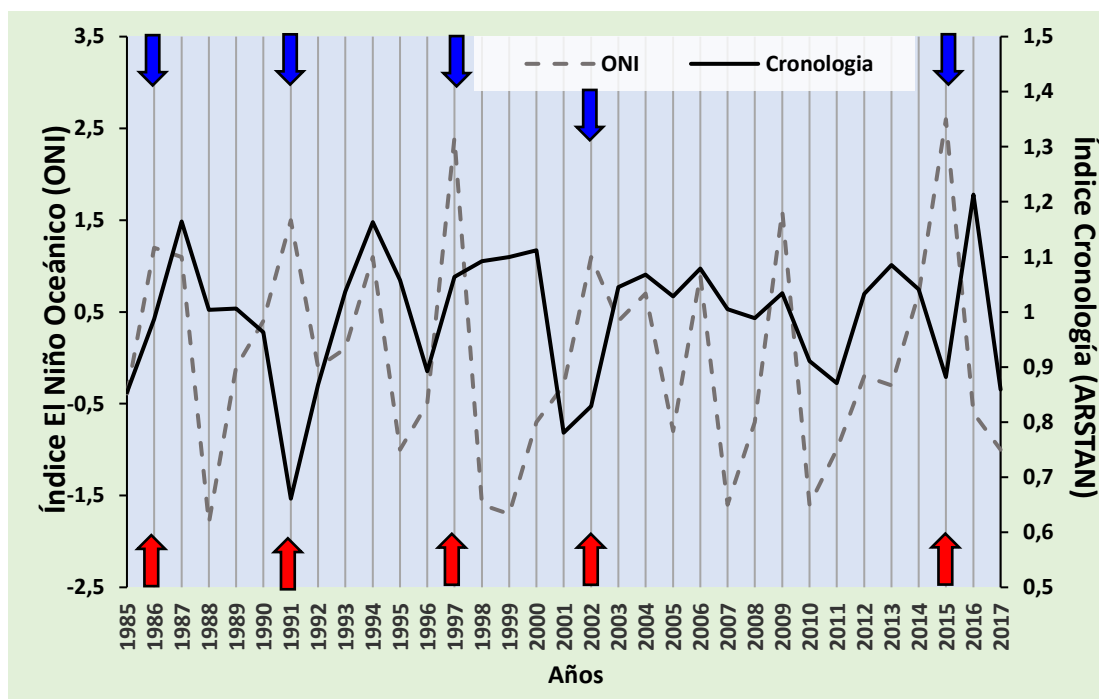


Figura 11. Relación entre los eventos de El Niño (línea trazada ceniza) y el acho de los anillos de crecimiento de *Cedrela odorata* L. (línea negra), con detalles de los anillos más cortos (flecha roja) y los de los eventos más severos de El Niño (flecha azul).

Batista y Schöngart (2018), mencionan que el fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) es el dominante componente de variabilidad interanual tropical y afecta El clima y el clima a escala mundial. Lo que podría influenciar en los árboles de *Cedrela odorata* L., en ciertos años donde tuvo mayor impacto. Además, estos autores mencionan que, en grandes partes de la cuenca del Amazonas, Las anomalías del fenómeno “El Niño” están asociadas con una disminución de la lluvia; lo que podría tener relación con la baja tasa de crecimiento de *Cedrela odorata* L., en ciertos periodos.

Por último Moreno y del Valle (2015), cuando estudiaron a la especie *Cariniana pyriformis*, con la influencia del fenómeno “El Niño” en Colombia, encontraron que el crecimiento de *C. pyriformis*, durante el fenómeno El Niño el crecimiento de esta especie se reduce.

CONCLUSIONES

Primera: Los anillos de crecimiento de *Cedrela odorata* L., se caracterizaron principalmente por la porosidad semicircular y el parénquima marginal, lo que facilitó la identificación del límite de cada anillo de crecimiento.

Segunda: En cuanto a la dendrocronología de *Cedrela odorata* L., se determinó que la serie maestra abarca desde 1963 hasta 2017, con el árbol más antiguo alcanzando los 55 años.

Tercera: Respecto al incremento radial de la especie *Cedrela odorata* L., este fue de 0,57 cm/año, un valor que se asemeja a los encontrados en otros estudios sobre la misma especie.

Cuarta: En cuanto a la cronología y su relación con el clima local, no se hallaron correlaciones positivas y significativas con la precipitación, lo cual podría ser debido a factores externos.

Quinta: inalmente, sobre la relación entre la cronología y el fenómeno de “El Niño”, se registraron episodios en los que el evento de El Niño fue significativo, resultando en una disminución en la tasa de crecimiento.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar un barreno de Pressler más amplio con la finalidad de coleccionar árboles con diámetros por encima de 80 centímetros.
2. Si es posible coleccionar algunos árboles de manera destructiva, de acuerdo a la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, con la finalidad de tener como referencia en la intercorrelación de los árboles.
3. Cuando se extraigan las muestras por el método no destructivo es necesario que se aseguren las muestras en los soportes de madera para que estas no se tuerzan al momento de secar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREACCI, F., BOTOSSO, P.C. y GALVÃO, F., 2013. Sinais climáticos em anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* em diferentes tipologias de florestas ombrófilas do sul do Brasil. *Floresta*, vol. 44, no. 2, pp. 323. ISSN 1982-4688, 0015-3826. DOI 10.5380/rev.v44i2.27316.
- Apéndices I, II y III de la CITES. [en línea], 2019. [Consulta: 11 julio 2019]. Disponible en: <https://www.cites.org/esp/app/index.php>.
- BAKER, J., SANTOS, G., GLOOR, M. y BRIENEN, R., 2017. Does Cedrela always form annual rings? Testing ring periodicity across South America using radiocarbon dating. *Trees*, vol. 31, no. 6, pp. 1999-2009. ISSN 0931-1890, 1432-2285. DOI 10.1007/s00468-017-1604-9.
- BATISTA, E. y SCHÖNGART, J., 2018. Dendroecology of *Macrolobium acaciifolium* (Fabaceae) in Central Amazonian floodplain forests. *Acta Amazonica*, vol. 48, no. 4, pp. 311-320. ISSN 1809-4392, 0044-5967. DOI 10.1590/1809-4392201800302.
- BECERRA, V. y ZEVALLOS, P., 2014. a Dendrochronological Assessment in San Ignacio, Region Cajamarca-Peru. *El Ceprosimad*, vol. 2, no. 2, pp. 15.
- BRIENEN, R.J.W. y ZUIDEMA, P.A., 2005. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Ecologia*, vol. 146, no. 1, pp. 1-12. ISSN 0029-8549. DOI 10.1007/s00442-005-0160-y.
- COPANT, 1974. Maderas: Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de las maderas angiospermas y dicotiledóneas: anteproyecto de Norma. . Caracas-Venezuela: COPANT 30: 1 – 019.
- DÜNISCH, O., RIBEIRO, V. y BAUCH, J., 2003. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees*, vol. 17, pp. 7. DOI 10.1007/s00468-002-0230-2.
- FERRERO, M.E., VILLALBA, R., DE MEMBIELA, M., RIPALTA, A., DELGADO, S. y PAOLINI, L., 2013. Tree-growth responses across environmental gradients in subtropical Argentinean forests. *Plant Ecology*, vol. 214, no. 11, pp. 1321-1334. ISSN 1385-0237, 1573-5052. DOI 10.1007/s11258-013-0254-2.
- FRITTS, H.C., 1974. Relationships of Ring Widths in Arid-Site Conifers to Variations in Monthly Temperature and Precipitation. *Ecological Monographs*, vol. 44, no. 4, pp. 411-440. ISSN 00129615. DOI 10.2307/1942448.

- GUTIÉRREZ, M., 2009. *La dendrocronología: métodos y aplicaciones*. España: s.n. ISBN 978-84-393-8082-5.
- HOLDRIDGE, L., 1982. *Ecología basada en zonas de vida*. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa). Primera edición. San José - Costa Rica: s.n.
- HOLMES, R., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-ring bulletin*, pp. 11.
- IAWA, 1989. with an Appendix on non-anatomical information. , pp. 116.
- INGA, J. y DEL VALLE, J., 2017. Log-relative growth: A new dendrochronological approach to study diameter growth in *Cedrela odorata* and *Juglans neotropica* , Central Forest, Peru. *Dendrochronologia*, vol. 44, pp. 117-129. ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2017.03.009.
- INSIDE WOOD, 2019. Inside Wood. [en línea]. [Consulta: 13 julio 2019]. Disponible en: <http://insidewood.lib.ncsu.edu/description?6>.
- ITTO, 2019. Cedro, Cigarbox cedar (*Cedrela odorata*). *ITTO* [en línea]. [Consulta: 13 julio 2019]. Disponible en: <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/cedro-cedrela-odorata/>.
- KALNAY, E., KANAMITSU, M., KISTLER, R., COLLINS, W., DEAVEN, D., GANDIN, L., IREDELL, M., SAHA, S., WHITE, G., WOOLLEN, J., ZHU, Y., LEETMAA, A., REYNOLDS, R., CHELLIAH, M., EBISUZAKI, W., HIGGINS, W., JANOWIAK, J., MO, K.C., ROPELEWSKI, C., WANG, J., JENNE, R. y JOSEPH, D., 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 77, no. 3, pp. 437-471. ISSN 0003-0007, 1520-0477. DOI 10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2.
- LATORRACA, J.V. de F., SOUZA, M.T. de, SILVA, L.D.S.A.B. da y RAMOS, L.M.A., 2015. Dendrocronologia de Árvores de *Schizolobium parahyba*(Vell.) S. F. Blake de Ocorrência na Rebio de Tinguá-RJ. *Revista Árvore*, vol. 39, no. 2, pp. 385-394. ISSN 0100-6762. DOI 10.1590/0100-67622015000200018.
- LEÓN, W.J., 2009. Anatomía de la madera y clave de identificación para especies forestales vedadas en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, vol. 53, no. 1, pp. 51-62.
- LISI, C.S., TOMAZELLO FO, M., BOTOSSO, P.C., ROIG, F.A., MARIA, R.B., FERREIRA, L. y VOIGT, R.A., 2008. Tree-Ring Formation, Radial Increment Periodicity, and Phenology of Tree Species from a Seasonal Semi-Deciduous Forest in Southeast Brazil. *IAWA Journal*, pp. 189-207. ISSN 0928-1541, 2294-1932. DOI 10.1163/22941932-90000179.
- MARCATI, C.R., ANGYALOSSY, V. y EVERT, R.F., 2006. Seasonal Variation

In Wood Formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae). *IAWA Journal*, vol. 27, no. 2, pp. 199-211. ISSN 0928-1541, 2294-1932. DOI 10.1163/22941932-90000149.

MARTÍNEZ, A.E., 2015. *Interpretación dendroecológica y desarrollo de modelos de crecimiento en dos especies tropicales: Swietenia macrophylla y Cedrela odorata en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala*. Costa Rica: Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

MORENO, M. y DEL VALLE, J., 2015. Influence of local climate and ENSO on the growth of Abarco (*Cariniana pyriformis*) in Chocó, Colombia. *Trees*, vol. 29, no. 1, pp. 97-107. ISSN 0931-1890, 1432-2285. DOI 10.1007/s00468-014-1094-y.

NTP N°251.008, 2016. *Maderas. Selección y Colección de Muestras*. 2016. S.l.: s.n.

ORTEGA, D., 2014. *Evaluación de la influencia del raleo en el crecimiento de Pinus patula Schl. et Cham. aplicando técnicas dendrocronológicas en plantaciones de Cajamarca - Perú*. Cajamarca-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

PAREDES, K., 2015. *Dendrochronological growth characterization of timber species from moist to dry tropical forests in Bolivia*. Argentina: Universidad de Córdoba.

PEREYRA, M.J., INGA, G.J., SANTOS, M. y RODRÍGUEZ, R., 2014. Potencialidad de *Cedrela odorata* (Meliaceae) Para Estudios Dendrocronológicos en la Selva Central del Perú. *Revista de Biología Tropical*, vol. 62, no. 2, pp. 783. ISSN 2215-2075, 0034-7744. DOI 10.15517/rbt.v62i2.9835.

PORTAL, L., 2017. *Potencial Dendrocronológico de Árvores da Família Fabaceae na Floresta Tropical Amazônica do Peru* [en línea]. Rio de Janeiro - Brasil: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponible en: <https://tede.ufrrj.br/jspui/bitstream/jspui/2060/2/2017%20-%20Leif%20Armando%20Portal%20Cahuana.pdf>.

R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013. *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing* [en línea]. Vienna: s.n. ISBN 3-900051-07-0. Disponible en: <http://www.R-project.org>.

ROJAS, F. y TORRES, G., 2014. Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Cedro amargo. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, vol. 11, no. 26, pp. 3. ISSN 2215-2504.

ROSETO, J., 2009. *Dendrocronologia de árvores de mogno, Swietenia macrophylla King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical*

Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru [en línea]. São Paulo - Piracicaba: Universidade de São Paulo. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-18052009-165913/pt-br.php>.

SCHIPPER, A., 2011. *Dendrocronología Del Cedro Cedrela odorata L. (Meliaceae) de la Amazonia Sur del Perú, La Región Madre De Dios*. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

STAHL, D.W., MUSHOVE, P.T., CLEAVELAND, M.K., ROIG, F. y HAYNES, G.A., 1999. Management implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. *Forest Ecology and Management*, vol. 124, no. 2-3, pp. 217-229. ISSN 03781127. DOI 10.1016/S0378-1127(99)00075-4.

TOMAZELLO, M., BOTOSSO, P. y LISI, C., 2000. Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza, Argentina.: s.n., pp. 381-431.

TOMAZELLO, M., BOTOSSO, P.C., LISI, C. y SPATHELF, P., 2001. *Cedrela angustifolia* Ses. et Moc. ex Dc., Meliaceae: potencial species for tropical dendrochronology. *Palaeobotanist*, vol. 50, pp. 47-53.

TOMAZELLO, M., ROIG, F.A. y ZEVALLOS, P.A., 2009. Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. *Ecología en Bolivia*, vol. 44, no. 2, pp. 73-82. ISSN 1605-2528.

TROPICOS.ORG, 2019a. Tropicos | Name - !Cedrela odorata L. [en línea]. [Consulta: 13 julio 2019]. Disponible en: <https://www.tropicos.org/Name/20400353>.

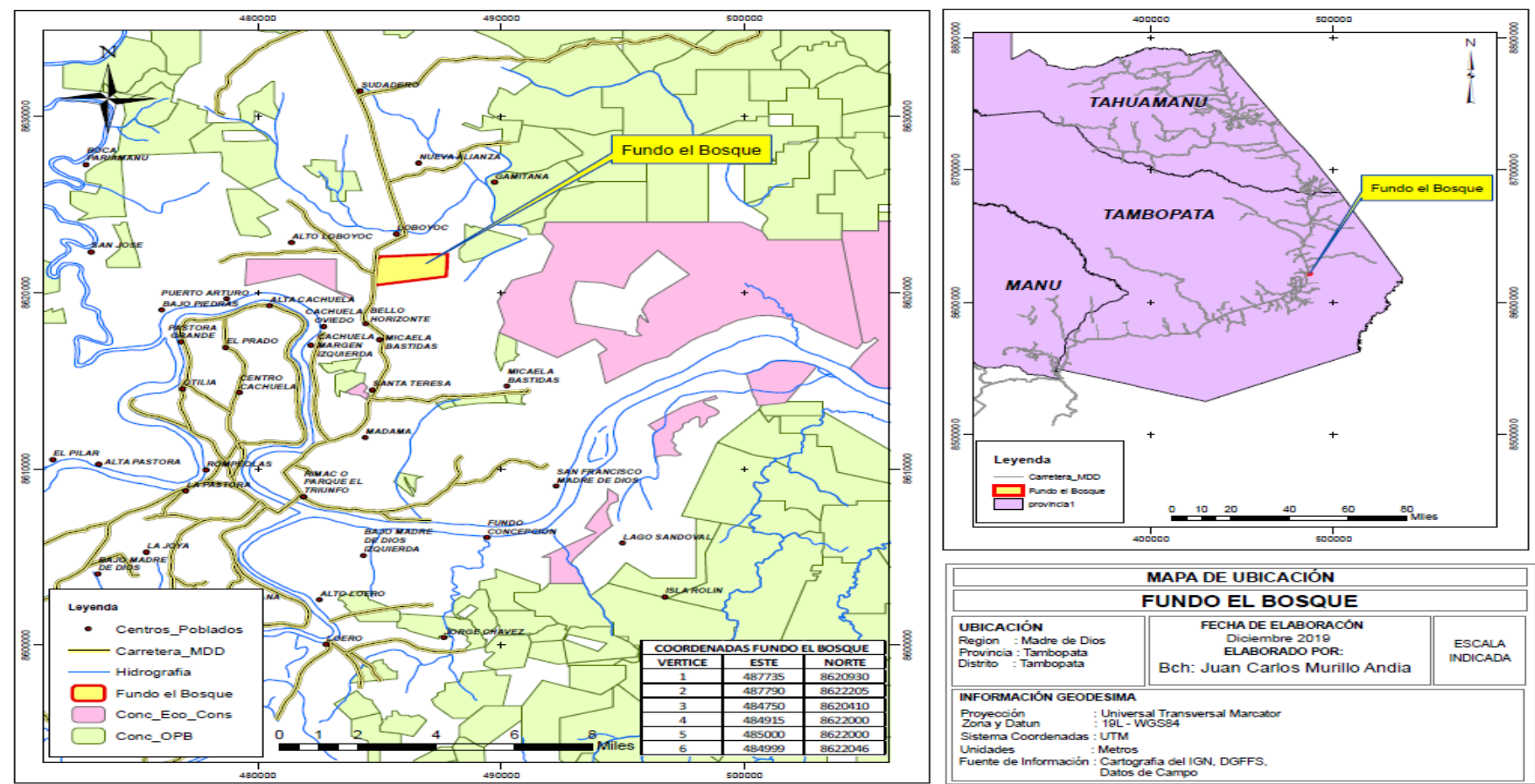
TROPICOS.ORG, 2019b. Tropicos. [en línea]. [Consulta: 13 julio 2019]. Disponible en: <https://www.tropicos.org/MapsCountry.aspx?maptype=4&lookupid=20400353>.

VASCONCELLOS, T., TOMAZELLO, M. y CALLADO, C.H., 2019. Dendrochronology and dendroclimatology of *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae) exposed to urban pollution in Rio de Janeiro city, Brazil. *Dendrochronologia*, vol. 53, pp. 104-113. ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2018.12.004.

WORBES, M. 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*, vol. 87, no. 3, pp. 391-403. ISSN 00220477, 13652745. DOI 10.1046/j.1365-2745.1999.00361.x.

ANEXOS

Anexo 01. Mapa de Ubicación del área de estudio



Anexo 02. Inventario general de *Cedrela odorata* L., en el fundo El Bosque.

DOGIGO DEL ARBOL	ESPECIE	ESTE	NORTE	ALT. T	ALT-C	CAP	DAP	ESTADO FITOSANITARIO	OBSERVACIONES
C-1	<i>C. odorata</i>	485146	8621958	19	6	241	77	Con termitas	Fuste curvado
C-2	<i>C. odorata</i>	485176	8622049	18	10	196	62	Con termitas y Corte de machete	Sin lianas
C-3	<i>C. odorata</i>	485331	8622016	17	12	244	78	Corte de machete del floema	Con lianas colgadas
C-4	<i>C. odorata</i>	485646	8621983	21	11	210	67	Con rama podridas y termitas	Sin lianas
C-5	<i>C. odorata</i>	486389	8622072	19	12	195	62	Hueco con polilla en la base del fuste	Fuste curvado
C-6	<i>C. odorata</i>	486555	8622052	26	14	265	84	Con termitas	Sin lianas
C-7	<i>C. odorata</i>	486569	8622030	18	7	179	57	Fuste recto inclinado con termitas	Con lianas colgadas
C-8	<i>C. odorata</i>	485643	8621758	21	11	251	80	Fuste recto inclinado con termitas	Sin lianas
C-9	<i>C. odorata</i>	485806	8621856	18	6	247	79	FUSTe recto inclinado Sin termitas	Con lianas colgadas
C-10	<i>C. odorata</i>	486037	8621980	16	10	163	52	Fuste Curvado con termitas	Con lianas colgadas
C-11	<i>C. odorata</i>	485177	8621566	17	7	152	48	Fuste recto	Con lianas colgadas
C-12	<i>C. odorata</i>	486147	8621695	22	10	281	89	Fuste recto	Con lianas colgadas
C-13	<i>C. odorata</i>	486723	8621732	24	11	209	67	Fuste recto y ramas rotas	Sin lianas
C-14	<i>C. odorata</i>	485616	8621360	28	15	330	105	Fuste recto	Sin lianas
C-15	<i>C. odorata</i>	485985	8621525	26	16	290	92	Fuste recto	Sin lianas
C-16	<i>C. odorata</i>	486289	8621445	23	13	175	56	Fuste torsido	Sin lianas
C-17	<i>C. odorata</i>	487002	8621519	30	16	172	55	Fuste recto	Con lianas colgadas
C-18	<i>C. odorata</i>	487698	8621066	19	10	216	69	Fuste recto inclinado y ramas rotas	Sin lianas
C-19	<i>C. odorata</i>	487463	8621040	16	9	187	60	Fuste recto inclinado	Con lianas colgadas
C-20	<i>C. odorata</i>	487521	8621104	25	16	268	85	Fuste recto y ramas rotas	Con lianas colgadas
C-21	<i>C. odorata</i>	487507	8621254	26	10	254	81	Fuste recto	Sin lianas
C-22	<i>C. odorata</i>	485327	8621224	20	10	236	75	Fuste recto	Caido recien
C-23	<i>C. odorata</i>	486222	8621233	19	14	250	80	Fuste recto	Sin lianas

C-24	<i>C. odorata</i>	486901	8621503	17	8	158	50	Fuste recto	Con lianas colgadas
C-25	<i>C. odorata</i>	485303	8621049	16	8	163	52	Fuste cortado con machete	Con lianas colgadas
C-26	<i>C. odorata</i>	485617	8620881	21	12	260	83	Fuste recto	Con lianas colgadas
C-27	<i>C. odorata</i>	485714	8621150	23	11	223	71	Fuste recto con termitas	Con lianas colgadas
C-28	<i>C. odorata</i>	486430	8621142	26	12	318	101	Fuste recto con termitas	Ramas quebradas
C-29	<i>C. odorata</i>	486607	8621124	28	16	292	93	Fuste recto con termitas	Sin lianas
C-30	<i>C. odorata</i>	487025	8621197	28	18	192	61	Fuste recto inclinado	Sin lianas
C-31	<i>C. odorata</i>	487037	8621049	30	13	295	94	Fuste recto con termitas	Con lianas colgadas
C-32	<i>C. odorata</i>	487095	8620953	32	15	250	80	Fuste recto	Con lianas colgadas
C-33	<i>C. odorata</i>	485259	8620809	19	14	295	94	Fuste recto	Con lianas colgadas
C-34	<i>C. odorata</i>	485353	8620686	18	11	204	65	Fuste recto	Con lianas colgadas
C-35	<i>C. odorata</i>	485487	8620820	21	14	219	70	Fuste torsido	Con lianas colgadas
C-36	<i>C. odorata</i>	485577	8620836	20	14	231	74	Fuste recto con termitas	Con lianas colgadas
C-37	<i>C. odorata</i>	485580	8620832	21	11	220	70	Fuste recto con termitas	Sin lianas
C-38	<i>C. odorata</i>	485766	8620951	16	8	161	51	Fuste recto inclinado con líquenes	Con lianas colgadas
C-39	<i>C. odorata</i>	485751	8620686	21	10	196	62	Fuste recto con termitas	Sin lianas
C-40	<i>C. odorata</i>	486010	8620660	17	9	172	55	Fuste recto con líquenes	Con lianas colgadas
C-41	<i>C. odorata</i>	485484	8620614	18	12	176	56	Fuste recto inclinado con líquenes	Con lianas colgadas
C-42	<i>C. odorata</i>	485232	8620499	22	11	252	80	Fuste recto con hueco en la base	Con lianas colgadas

Anexo 03. Matriz de Consistencia Tesis: “Dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L, en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”

Problemas	Objetivos	Metodología
Problema Principal ¿Cuál es el crecimiento de <i>Cedrela odorata</i> en un bosque de terraza alta de la región de Madre de Dios y cuál es la edad promedio de estos árboles?	Objetivo General Determinar la dendrocronología de la especie <i>Cedrela odorata</i>, en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios. Objetivos Específicos Caracterizar los anillos de crecimiento de los árboles de <i>C. odorata</i>. Determinar la dendrocronología de los árboles <i>C. odorata</i>. Determinar el incremento radial de la especie <i>C. odorata</i>. Determinar la relación clima – crecimiento de <i>C. odorata</i>. Analizar la cronología de <i>C. odorata</i>., y el fenómeno de El Niño.	Tipo de Investigación: La presente tesis de grado de investigación, fue de tipo descriptivo en un primer momento, luego explicativo y finalmente correlacional, puesto que se describirá y correlacionará el ancho de los anillos de crecimiento de la especie <i>C. odorata</i>. Metodología de la Investigación: En la presente tesis de grado de investigación se empleó el método descriptivo, el mismo que se complementará con el estadístico, análisis, síntesis, deductivo, inductivo entre otros. Diseño de la Investigación: La presente tesis de grado de investigación, dada la naturaleza de las variables materia de investigación, responde al de una investigación por objetivos. Población: Se realizó un inventario en el fundo “El Bosque”, bosque descremado de aproximadamente 428 hectáreas y de los cuales en función a la distribución administrativa del área para investigación de 27 bloques, donde se realizó el inventario de todos los árboles mayores a 50 centímetros.

		Muestra: Del inventario que se realizó en el fundo El Bosque, se seleccionó los árboles de la especie <i>C. odorata</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. Técnica: La técnica que se empleó en la presente tesis de grado de investigación fue no destructiva, pues que se utilizará el barrenado de Pressler, para la obtención de las muestras.
--	--	--

CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA
DE ESPECIMENES VEGETALES

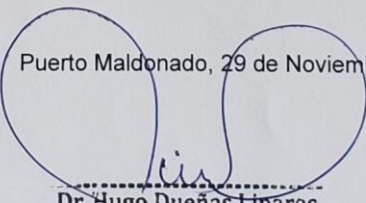
El que suscribe, **Dr. HERNANDO HUGO DUEÑAS LINARES**, Especialista Forestal en Identificación Taxonómica de especies de flora silvestre, mediante Resolución Directoral N° 054-2017-SERFOR/DGGSPFFS-DGSPF, con Código de Licencia LC-ES-2017-009; del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR.

CERTIFICA, que los ejemplares (02) presentados por el Sr. **JUAN CARLOS MURILLO ANDIA**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios para su identificación y/o determinación, para efectos del proyecto de tesis de investigación intitulado: **"DENDROCRONOLOGIA DE LA ESPECIE *Cedrela odorata* L., EN UN BOSQUE DE TERRAZA ALTA EN LA REGION MADRE DE DIOS"**. Corresponden a los siguientes taxa aceptados oficialmente:

Nº	FAMILIA	GENERO	EPÍTETO ESPECIFICO	NOMBRE COMUN
01	MELIACEAE	Cedrela	<i>Cedrela odorata</i> L.	"Cedro colorado"

De acuerdo a la descripción de sus características vegetativas y reproductivas, las que están registrada para la Flora de Perú: Departamento de Madre de Dios; en el Catálogo de Angiospermas y Gimnospermas del Perú de Lois Brako and James L. Zarucchi (1993), al APG IV (Angiosperm Phylogenetic Group, 2016) y en el Taxonomic Name Resolution Service v4.0. (2019). Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que considere conveniente. Se anexa al presente Certificado de Identificación los datos correspondientes a la especie en formato Excel.

Puerto Maldonado, 29 de Noviembre de 2019.


Dr. Hugo Dueñas Linares
ESPECIALISTA EN IDENTIFICACIÓN
TAXONÓMICA DE FLORA SILVESTRE
Código LIC-ES-2017-009

IDENTIFICACION TAXONOMICA DE ESPECIMENES VEGETALES

NOVIEMBRE, 2019

TESIS: "DENDROCRONOLOGIA DE LA ESPECIE *Cedrela odorata* L., EN UN BOSQUE DE TERRAZA ALTA EN LA REGION DE MADRE DE DIOS"

Señor: BACHILLER JUAN CARLOS MURILLO ANDIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	COORDENADAS		FAMILIA	HABITO	HABITAT	LOCALIDAD	Colector	Fecha Coll	ID	FECHA ID
			NORTE	ESTE								
1	<i>Cedrela odorata</i> L.	"Cedro colorado"	485146	8621958	MELIACEAE	Árbol	Bosque terraza alta	Dist. Las Piedras, Provincia Tambopata, Dpto MDD	Juan Carlos Murillo Andia	15/11/2019	HDL	29/11/2019

Referencias:

Vouchers colección JCMA 16/11/2016
Vouchers Herbario San Marcos (HSM), 2019
Vouchers Herbario MOL, 2019
APG IV, 2016
Voucher Herbario "Alwyn Gentry", 2019
Taxonomic Resolution Service v4.0, 2019
The Plant List, 2019
Tropicos, Missouri Botanical Garden, 2019

Puerto Maldonado, 29 de Noviembre de 2019
Dr. Hugo Dueñas Linares

Espec. ID Taxonómica de Flora Silvestre
RD N° 054-2017-SERFOR/DGGSPFFS-DGSPF
Código Licencia LC-EC-2017-009

Dr. Hugo Dueñas Linares
ESPECIALISTA EN IDENTIFICACIÓN
TAXONÓMICA DE FLORA SILVESTRE
Código LIC-ES-2017-009

 UNAMAD UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS	Reglamento de Grados y Títulos	CÓDIGO : RGT – 013 VERSIÓN : 1.0 FECHA : 11 – Setiembre – 2017
--	---	--

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE: INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Acta de sustentación oral de Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, modalidad de titulación: Sustentación y Aprobación de Tesis.

Título de la Tesis:

"Dendrocronología de la especie *Cedrela odorata* L. en un bosque de Terraza Alta en la región de Madre de Dios", presentado por el Bachiller Juan Carlos Murillo Andia.

En la ciudad de Puerto Maldonado siendo las 16:30 horas del día lunes tres de febrero del dos mil veinte, en el Anfiteatro N°01 del pabellón "A" de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y en mérito a la Resolución de Decanatura N° 021-2020-UNAMAD-DFI, se realiza el acto académico de exposición y sustentación de la tesis, siendo jurados los docentes:

Dictaminantes:

Dr. Joel Peña Valdeiglesias
 M.Sc. Telésforo Vásquez Zavaleta
 Ing. Mauro Vela Da Fonseca
 Dr. Manuel Díaz Paredes

Presidente
 Secretario
 Vocal
 Accesitario

Como **asesor** del trabajo de investigación el **M.Sc. Leif Armando Portal Cahuana**.

El acto académico se inicia con la lectura de la resolución respectiva y el Reglamento en lo que concierne a la sustentación de tesis, luego se procede con la sustentación de tesis, finalizando con la etapa de preguntas, aclaraciones y observaciones respectivas. El jurado declara como. APROBADO POR UNANIMIDAD

El presidente del jurado da por concluida el Acto Académico de exposición y sustentación de la tesis, siendo las 17:59 horas firman los presentes en señal de conformidad.

 Dr. Joel Peña Valdeiglesias
 Presidente

 M.Sc. Telésforo Vásquez Zavaleta
 Secretario

 Ing. Mauro Vela Da Fonseca
 Vocal