

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



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“Análisis del potencial dendrocronológico de *Jacaranda copaia*
(Aubl.) D. Don., en el fundo El Bosque, provincia Tambopata -
Madre de Dios”**

Investigadores:

DR. JORGE CARDOZO SOAREZ.

M.Sc. LEIF ARMANDO, PORTAL CAHUANA.

Est. LUCIO UBALDO SANTOS HUACAC.

Puerto Maldonado, Enero del 2020.

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



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“Análisis del potencial dendrocronológico de *Jacaranda copaia*
(Aubl.) D. Don., en el fundo El Bosque, provincia Tambopata -
Madre de Dios”**

Investigadores:

DR. JORGE CARDOZO SOAREZ.

M.Sc. LEIF ARMANDO, PORTAL CAHUANA.

Est. LUCIO OSWALDO SANTOS HUACAC.

Puerto Maldonado, enero del 2020.

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo de investigación a cada uno de los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de nuestra U.N.A.M.A.D.

Agradecimientos

Los investigadores agradecen al Vicerrectorado de Investigación y a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios por darnos la oportunidad de presentar esta investigación.

Resumen

El objetivo del estudio fue analizar el potencial dendrocronológico de *Jacaranda copaia* en el fundo El Bosque, distrito de Las Piedras, provincia Tambopata, región Madre de Dios. Se utilizaron diez árboles de la *Jacaranda copaia*, creciendo naturalmente en el fundo El Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD). La colecta fue a través del método no destructivo, utilizando un barreno de Pressler. Se caracterizó los anillos de crecimiento de *J. copaia*, el incremento radial y la relación con el fenómeno El Niño. Los resultados muestran que la especie presenta anillos de crecimiento distinguibles a simple vista, caracterizados por la presencia de zonas fibrosas. La cronología maestra para la especie fue de 34 años de 1984 – 2018. Con respecto al incremento medio anual, *J. copaia*, presentó 0,80 cm/año. Por último, sobre la influencia del fenómeno El Niño, se observó que se tenía una disminución significativa de la tasa de crecimiento cuando ocurría el fenómeno El Niño. Se concluye que *J. copaia*, presenta potencial dendrocronológico, demostrado con la presente investigación, para estudios en la región de Madre de Dios.

Palabras claves: Anatomía de la madera, anillos de crecimiento, fenómeno El Niño, crecimiento.

Abstract

The objective of this study was to analyze the dendrochronological potential of *Jacaranda copaia* in the Fundo El Bosque, Las Piedras district, Tambopata Province, Madre de Dios region. Ten trees of the *Jacaranda copaia* species were used, growing naturally in the Fundo El Bosque at the Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD). The sampling was through the non-destructive method, using the Pressler borer. The growth rings of *J. copaia*, dendrochronology, radial increase and the relationship with the El Niño phenomenon were characterized. The results show that the species has different growth rings to the naked eye due to the presence of fibrous areas. The master chronology for the species was 34 years from 1984 - 2018. For the average annual increase, *J. copaia*, present 0.80 cm/year. Finally, about the El Niño phenomenon, it was observed that there was a decrease in the growth rate when the El Niño phenomenon has significant. We conclude that *J. copaia* presents dendrochronological potential demonstrated with the present investigation for studies in the Madre de Dios region.

Keywords: Wood anatomy, growth rings, El Niño phenomenon, growth.

Índice de contenidos

Dedicatoria	IV
Agradecimientos.....	V
Resumen	VI
Abstract.....	VII
Introducción	XII
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1 Planteamiento del problema de investigación	13
1.2 Formulación del problema.....	13
1.2.1 Problema General	13
1.2.2 Problemas específicos	13
1.3 Justificación e Importancia	14
1.4 Objetivos de la investigación	14
1.4.1 Objetivo General.....	14
1.4.2 Objetivos específicos	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1 Antecedentes de la investigación.....	15
2.2 Marco teórico	15
2.3 Marco conceptual	21
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	24
3.1 Tipo de Investigación	24
3.2 Diseño de la investigación.....	24
3.3 Delimitación espacial y temporal.....	24
3.4 Población y muestra	24
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.5.1 Métodos y técnicas	25
3.5.2 Instrumentos.....	27
3.5.3 Procesamiento de datos y Análisis estadístico	29
A) Preparación de las muestras de madera de <i>Jacaranda copaia</i>	29
B) Identificación de los anillos de crecimiento de <i>Jacaranda copaia</i> , digitalización de las muestras y medición.	30
C) Sincronización de los anillos de crecimiento de la madera <i>Jacaranda copaia</i> y elaboración de la cronología de la especie.	30
D) Incremento radial de <i>Jacaranda copaia</i>	31

E) Cronología de <i>Jacaranda copaia</i> y relación con el clima y el fenómeno El Niño.....	31
F) Tratamiento de los datos.....	32
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4. 1 Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados ..	33
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
ANEXOS	49

Índice de Tablas

Tabla 01. <i>Inventario de los árboles de la especie <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....</i>	25
Tabla 02. Control de calidad de las medidas del ancho de los anillos de crecimiento de la especie <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	36
Tabla 03. Resultados estadísticos de la datación y estandarización de la cronología de la especie <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	36

Índice de Figuras

Figura 01. Distribución de <i>Jacaranda copaia</i> en el mundo. Fuente: (Tropicos.org 2020).....	15
Figura 02. Ilustraciones macroscópicas de <i>Jacaranda copaia</i> . A) Sección transversal. B) Sección tangencial. Fuente: (delta-inkey.com 2020).....	19
Figura 03. Colecta de muestra de <i>Jacaranda copaia</i> . A) Perforando con el barreno de Pressler. B) Colocando el extractor. C) Extrayendo la muestra. D) Muestra botánica y frutos.....	27
Figura 04. A) Encolado de las muestras. B) Amarrando las muestras en el soporte de madera. C) Escaneo de las muestras.....	28
Figura 05. Sección Transversal Macroscópica de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don. A) Muestra el límite de los anillos de crecimiento. B) Muestra los detalles de la anatomía de la madera.....	33
Figura 06. Ancho de los anillos de crecimiento de la especie <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	35
Figura 07. Cronología master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de la especie <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	37
Figura 08. Incremento corriente anual (ICA) de los diez árboles de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	38
Figura 09. Incremento en diámetro acumulado de los diez árboles de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	39
Figura 10. Relación entre los eventos de El Niño (línea trazada ceniza) y el ancho de los anillos de crecimiento de <i>Jacaranda copaia</i> (línea negra), con detalles de los anillos más cortos (flecha roja) y los de los eventos más severos de El Niño (flecha azul).....	40

Introducción

El hombre en su amplio conocimiento ha tratado de entender las variables climáticas y sus relaciones con el medio natural en el cual se desarrolla, para ello ha recurrido a desarrollar una serie de técnicas y equipos para el monitoreo continuo que no siempre garantiza la calidad de la data; en efecto, los análisis profundos de las variaciones del clima en el tiempo y espacio han formado parte de mejoras continuas.

El entendimiento de los procesos lógicos de los eventos climáticos ha conllevado a entender los procesos relacionados con las alteraciones de su medio que presentan una característica hasta ahora muy pocos frecuentes en la biosfera, salvo en momentos muy concretos de la historia de la tierra como la variación del clima, que ampliamente es aceptada por una sociedad sensibilizada a las nuevas situaciones que se crean por las consecuencias que derivan cuando el medio es alterado; planteamiento ecológico que trata de explicar la dependencia entre los seres y su entorno a través del conjunto de relaciones que se establecen.

Por tal fin se plantea desarrollar la dendrocronología, para demostrar como los anillos de crecimientos de los árboles guardan relación con el fenómeno El Niño, fundamentado en las respuestas sistemáticas a variaciones frecuentes que se presenta, reconstruyendo el comportamiento del clima a través del análisis del crecimiento absoluto y por patrones de carácter anatómico entre las diversas edades. En respuesta a las incertidumbres del cambio climático, el calentamiento global y sus efectos sobre el medio natural y sus habitantes.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema de investigación

Muchas especies forestales de la región de Madre de Dios, no están estudiadas a nivel anatómico y es por ello que no se conoce la marcación de los anillos de crecimiento que serviría para estudiar la dendrocronología de estas especies forestales.

Ese desconocimiento y la falta de información técnica-científica ha conllevado a no realizar actividades productivas, aprovechando nuestros recursos forestales, como por ejemplo establecimiento de plantaciones forestales con especies nativas de rápido crecimiento.

1.2 Formulación del problema

¿La especie *Jacaranda copaia*, presentará potencial para investigaciones en dendrocronología en la región de Madre de Dios?

1.2.1 Problema General

El desconocimiento de los anillos de crecimiento de las especies forestales tropicales ha limitado el estudio del crecimiento de las especies tropicales, la relación con el clima local y los fenómenos climatológicos, también la edad de los árboles, esta carencia de información repercute negativamente en un buen manejo forestal de las especies nativas de los bosques tropicales.

1.2.2 Problemas específicos

Al no conocer el crecimiento anual de la especie *Jacaranda copaia*, no se puede realizar programas de plantaciones forestales y plantaciones agroforestales, y así aprovechar sustentablemente esta especie forestal para los usos tecnológicos adecuados.

1.3 Justificación e Importancia

Este trabajo de investigación busca dar información técnica y científica sobre la especie *Jacaranda copaia*, para conocer su crecimiento, edad promedio en el bosque natural y las posibles utilidades. Además, busca comprobar la información de la literatura científica que menciona que el género y la especie tienen potencial dendrocronológico.

Además, busca incluir una especie adicional en el estudio de dendrocronología en los bosques tropicales de Madre de Dios.

1.4 Objetivos de la investigación

Los objetivos de este trabajo de investigación se muestran a continuación:

1.4.1 Objetivo General

- Analizar dendrocronológicamente la especie *Jacaranda copaia*, creciendo naturalmente en Madre de Dios.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la sección transversal de la especie *Jacaranda copaia*, en el fundo El Bosque.
- Caracterizar las capas de crecimiento de la especie *Jacaranda copaia*, en el fundo El Bosque.
- Determinar la cronología de la especie *Jacaranda copaia*, en el fundo El Bosque.
- Determinar el incremento radial de la de la especie *Jacaranda copaia*, en el fundo El Bosque.
- Analizar la relación entre la cronología de los árboles y el fenómeno El Niño.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.2 Marco teórico

Distribución geográfica: La especie *J. copaia*, se encuentra distribuida geográficamente desde México, Centroamérica, en Sudamérica se encuentra en los países de Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana, Surinam, Brasil, Bolivia, Perú se encuentra en Loreto, Huánuco, San Martín, Ucayali y Madre de Dios principalmente (Figura 1).



Figura 1. Distribución de *Jacaranda copaia* en el mundo. Fuente: (Tropicos.org 2020).

Descripción de la planta:

Descripción extraída de Cardozo y Portal (2013):

Porte: Fuste cilíndrico, por lo general recto; raíz pivotante y ramificada; copa globosa aparasolada, alta y deja pasar la luz. Los árboles alcanzan 45 m de

altura y un diámetro de 35 – 80 cm. Es un árbol de tronco derecho y sin ramas, con un penacho de hojas grandes compuestas. **Corteza:** Externa: Color gris verdoso; no tiene agujones y ritidoma; posee fisuras paralelas o grietas superficiales; color pardo verdoso. Interna: Textura suave, quebradiza, laminar; color blanco cremoso, rosado o pardo claro; inclusiones fibrosas amarillas. **Hojas:** Hojas bipinnadas (Estrella, 1995); opuestas, con 15 – 20 pinnas con 5 – 25 foliolos opuestos. Borde entero, ramitas terminales circulares, raquis acanalado (Proyecto de capacitación, Extensión y Divulgación Forestal, sin año). Hojas bipinnadas, opuestas y decusadas, agrupadas en el extremo de la rama de 35 – 180 cm de largo, de 5 – 25 foliolos. Raquis cuadrangular, lenticelado, foliolos elípticos e irregulares, sésiles, membranáceas. **Inflorescencia:** Flores abundantes con corola morada, campanuladas, biloculares. Inflorescencia en panícula terminal es de 60 cm o más de largo, ejes y pedúnculos lenticelados. Flor azul violeta en panícula; axilar que nace en las últimas hojas; cáliz más o menos truncado; corola tubuliforme, pubescente en los lóbulos; tricomas glandulares en la parte interna del tubo blanco y en la base de filamentos y estaminodios; ovario aplanado cilíndrico. **Fruto:** Bicapelar, leñoso, lateralmente muy comprimido, dehiscente, cubierto con abundantes lenticelas. Fruto oblongo, bivalvares, aplanados. Los frutos son vainas de 10 cm de largo por 2 cm de ancho, con semillitas aladas. Semillas: Abundante, aladas, circulares y elíptica.

Fenología:

Floración: Junio a agosto. Fructificación: Enero a febrero. Agosto – diciembre
Maduración: Enero – febrero. Diseminación: Febrero – marzo.

Ecología:

Hábitat: Es una especie de los bosques húmedos, que se localiza a partir de Belice hasta Brasil, es un árbol de clima cálido húmedo. **Requerimientos de suelo:** Se desarrolla en suelos muy pobres.

Consideraciones ecológicas:

Dispersores: Es una especie que se dispersa por el viento. **Grupo ecológico:** Heliófila durable de crecimiento rápido.

Propagación: Las plantitas se repican al alcanzar 05 cm de altura, siendo fuertemente sensibles al calor. **Cantidad de semillas por kilogramo:** En un kilogramo hay 50000 semillas. **Plantación:** Sistema de plantación: Se puede plantar a una distancia de 2 x 2 m. **Crecimiento:** Especie de crecimiento rápido. Puede alcanzar 45 m de altura. **Regeneración natural:** Regeneración abundante en lugares abiertos.

Anatomía de la Madera

Descripción extraída de Cardozo y Portal (2013):

Información general. El duramen es de color amarillo, blanco o grisáceo (marrón claro a amarillo). La albura similar a la coloración del duramen. La densidad 0,3 g/cm³ a 0,52 g/cm³. **Vasos.** Presenta una madera de porosidad difusa. Los vasos no presentan un patrón específico en toda la sección transversal, se agrupa usualmente en vasos múltiples radiales de 2 a 3 vasos. Sobre el diámetro tangencial de los vasos, estos varían de: 159 μm – 210μm. El número de poros por milímetro cuadro varia de 2 a 3. El largo de los elementos vasculares tiene una variación de: 460 μm 890μm. Presentan unas placas de perforación simples. Las puntuaciones intervasculares son alternas, el diámetro (vertical) 8 μm a 10μm, no presentan ornamentación. Las puntuaciones radiovasculares presentan aréolas distintas, y son similares a las puntuaciones intervasculares. No presenta un engrosamiento en espiral. No presenta tilosis en los poros. **Fibras.** Las fibras son de paredes medianas.

El largo de las fibras presenta una variación de: 790 μm a 1640 μm . Las punteaduras de las fibras se restringen a las paredes radiales, además las fibras no septadas. **Parénquima axial.** El parénquima axial es de tipo apotraqueal, o paratraqueal. Apotraqueal del tipo difuso en agregado. Paratraqueal del tipo aliforme, confluyente, y unilateral. Presentando una forma de alas finas. Presenta un parénquima axial en serie. El número de células por serie varían de 4 a 9. **Radios.** Sobre el número de radios por mm, estos varían de: 6 a 8, los radios son multiseriados, con 2 a 3 células de ancho. Los radios agregados son ausentes. La altura de los radios cualitativamente grandes menor de 500 μm . Los radios son compuestos por un solo tipo de células llamadas homocelulares; las células de los radios homocelulares del tipo procumbentes. Sobre la estratificación. Las estructuras estratificadas son ausente.

Estructuras secretoras. No presenta canales intercelulares. **Sustancias minerales.** No se observaron cristales. Las inclusiones de sílice no son observadas. **Pruebas físicas y químicas.** El duramen es de tipo no fluorescente. El extracto acuoso no fluorescente; el color del extracto acuoso incoloro a café amarillo. El extracto en el etanol no es fluorescente. El color del extracto en etanol es incoloro a café.

Características tecnológicas:

Propiedades Físicas: La Achihua es una madera liviana que tiene una densidad básica de 0,35 g/cm^3 clasificado como baja. Presenta una contracción volumétrica de 13.5% clasificado como alta. Contracción tangencial de 8,2%, contracción radial de 4,9% y el índice de estabilidad T/R de 1,6, se clasifica como baja y es estable.

Trabajabilidad: La Achihua es fácil de trabajar, de buen comportamiento al cepillado y de buen comportamiento al secado y sin defectos.

Usos:

La madera de achihua, es liviana y es fácil de trabajarla, se utiliza para: varas de construcción ligeras; se utiliza en la agricultura como tutores para los cultivos, por ejemplo: la pimienta y vainilla siendo excelentes; la corteza de achihua y sus hojas presentan propiedades medicinales

Tiene gran aceptación en el mercado local de los países productores, para la fabricación de cajonería, en forros de interiores de viviendas, construcciones marítimas sumergibles y carpintería en general. También, es usado en la fabricación de laminados, enchapes, madera compensada, palitos de fósforo, pasta para celulosa y papel. Madera no durable, es de fácil preservado con pentaclorofenol en aceite diésel. La corteza y hojas es utilizado como cicatrizante, antidiarreico, antiinfeccioso y desinfectante.

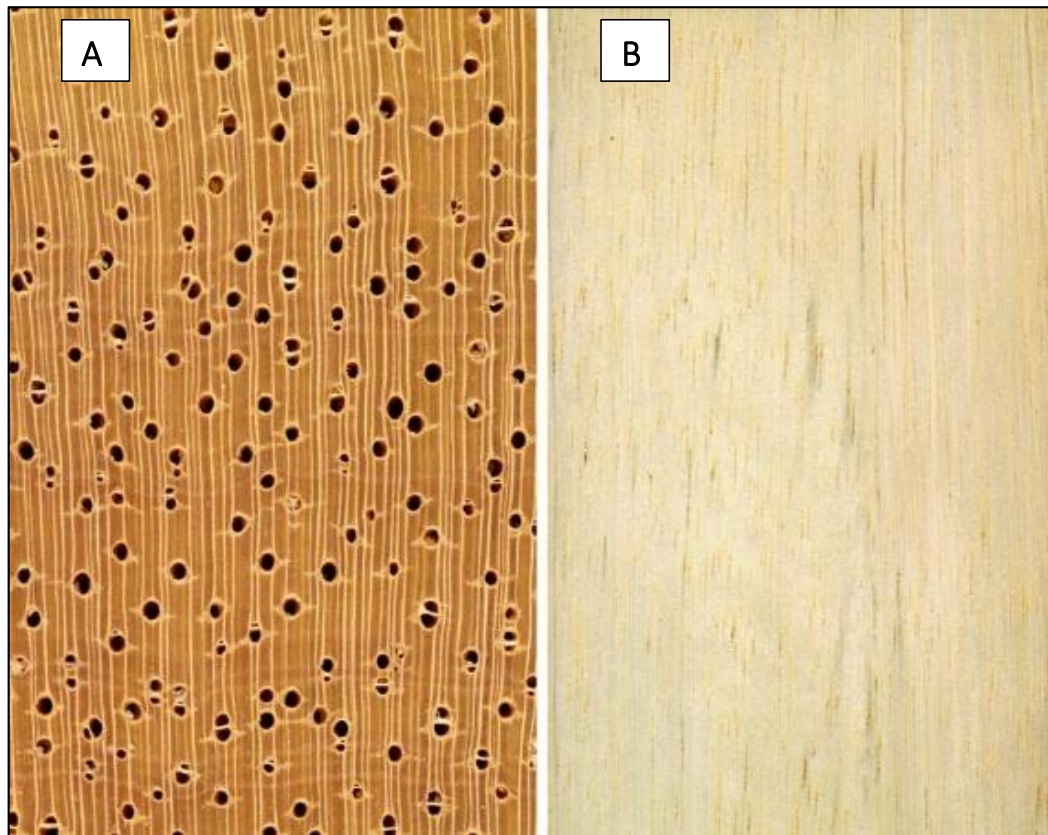


Figura 2. Ilustraciones macroscópicas de *Jacaranda copaia*. **A)** Sección transversal. **B)** Sección tangencial. Fuente: (delta-inkey.com 2020).

2.3 Marco conceptual

Conceptos utilizados en la dendrocronología extraídos de Gutiérrez (2009):

- a) **Dendrocronología:** Este nombre revela la relación estrechamente entre los árboles y el tiempo. Esta palabra deriva del griego *dendron* – árbol-, *crono* –tiempo- y *logo* –conocimiento-, es una disciplina científica que posibilita la datación del ancho de las capas de crecimiento y con esta información relacionarlas con el clima, contaminación, y otros factores que ayudan a entender los bosques. El objetivo primordial de la dendrocronología es construir cronologías o series maestras (series promedio) (Gutiérrez, 2009).

- b) **El crecimiento de los árboles:** según Gutiérrez (2009), es un proceso biológico, que aumenta el tamaño y el volumen en el tiempo. Y que el crecimiento del árbol se da por la formación, diferenciación y expansión de nuevas células xilemáticas facilitando lugar a tejidos y órganos. El incremento es el aumento de tamaño en un intervalo de tiempo debido al crecimiento. En general el crecimiento de los árboles y de las plantas leñosas se produce por la acción de los meristemas primarios y secundarios, que son tejidos xilemáticos formados por células no diferenciadas capaces de dividirse y generar nuevas células. El meristema primario es el responsable del crecimiento en altura del árbol y el meristema secundario del crecimiento en diámetro o grosor. El meristema secundario que da lugar al crecimiento en grosor por acumulación de madera es el cambium.

- c) **La sensibilidad del crecimiento a los factores ambientales:** según Gutiérrez (2009), menciona que en cualquier escenario, las actividades del cambium vascular es muy sensible a los factores del medio ambiente y esto es expresada en las particularidades de los anillos de crecimiento que se forman. Es por ello, que las variaciones del clima, la atmosférica, las particularidades fisicoquímicas del suelo, etc. varían

la tasa de formación de las nuevas células xilemáticas, el número, su tamaño y el material que se utiliza para construirlas, caracterizando, al mismo tiempo, las propiedades físicas como el grosor, su densidad y químicas como los: isótopos, metales pesados, etc., de las capas de crecimiento. Todas estas características pueden ser cuantificadas anual y estacionalmente separando las maderas tardía y temprana, anillo por anillo, y construir series temporales de distintas variables: series de grosor, de densidad, de isótopos, de metales pesados, etc. dependiendo de los objetivos de la investigación.

d) La huella del clima y la firma del tiempo: Gutiérrez (2009), menciona que las condiciones ambientales es el componente ecológico más significativo. Las variabilidades climáticas anuales van imprimiendo unas señales claras de su historia a través de los anillos de crecimiento de los árboles afectados, para ejemplarizar, el grosor de los árboles, cuando el clima desfavorable para el desarrollo de los árboles, las capas de crecimiento en ese año o época por lo general son más estrechos, en los árboles del bosque en una determinada región, es un año que se denomina atípico y/o característico. Ese patrón o sucesión de anillos de crecimiento son característicos mostrándose más comprimidos o estrechos, es típico de un periodo de tiempo en particular, a eso se denomina huella del clima que son identificadas por a pesar de existir otros factores en su entorno de los árboles. Pero, también, este sello climático es la firma del tiempo, ya que hay muy poca probabilidad que un determinado patrón temporal se pueda repetir cabalmente igual en otro tiempo.

e) La datación cruzada: Los árboles utilizados en la datación cruzada, crodatación o ínter datación, forman anillos de crecimientos anuales. Y los factores climáticos son los que limitan su crecimiento, en una determinada región grande. En este enfoque, los árboles son sensibles a las variaciones climáticas como la precipitación y la temperatura. Cuando los árboles están en un ecosistema ideal y con el clima optimo, los anillos de crecimiento no muestran diferenciación en su ancho lo

que genera que las series de estos anillos son complacientes al clima y no ayudan a la datación, sin embargo si los árboles crecen en ambientes donde tienen limitantes ambientales y de clima estos anillos son series sensibles y es lo que la dendrocronología requiere para poder datarlos (Gutiérrez, 2009).

- f) Aplicaciones de la dendrocronología:** Los anillos de crecimiento a través de la dendrocronología se ha relacionado con diferentes disciplinas del conocimiento científico. Dado que el leño de los árboles secuestra información de los factores climáticos, Esta basta información se puede utilizar en otras disciplinas como la ecología, arqueología, geología, y se funcionan formando dendroclimatología, dendroecología, dendroquímica, etc. (Gutiérrez, 2009).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación, fue de tipo descriptivo en un primer momento, luego explicativo y finalmente correlacional, puesto que se describió y correlacionó el ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Jacaranda copaia*.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño que se trabajo es de tipo descriptivo.

3.3 Delimitación espacial y temporal

La investigación se realizó en el fundo El Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD y en la Planta Piloto de Tecnología de la Madera de la UNAMAD. Ubicado en la carretera Interoceánica Sur kilómetro 16,5.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población de *Jacaranda copaia*, del fundo El Bosque, fueron inventariadas en una parcela de 5 ha de las 460 ha con que cuenta dicho fundo, el inventario arrojó que se tiene 55 árboles de la especie *J. copaia*.

3.4.2 Muestra

De los 55 árboles inventariados, se seleccionaron al azar 10 árboles de *Jacaranda copaia*, teniendo como referencia otras investigaciones. Por ejemplo: Rosero (2009) realizó su tesis de maestría en la Universidad de Sao Paulo-Brasil y colectó 07 árboles de la especie *Swietenia macrophylla*, en los bosques de Tahuamanu-Perú. (Suntaxi y Juménez 2011) realizaron una investigación científica titulada “Aproximación dendroclimatología en un bosque seco utilizando la especie guasmo, *Guazuma ulmifolium* y su relación con la precipitación y la temperatura en los periodos de 1974-2007” donde

colecto 10 árboles mayores que 10 cm de DAP. Aguiar y Moutinho en el 2015 presentaron en el congreso brasilero de ciencia y tecnología de la madera la investigación de “Análisis del potencial dendrocronológico en árboles de Jatoba (*Hymenaea courbaril* L.), en la Amazonia Brasil “se colectaron dos árboles. Beltrán y Valencia (2013) realizaron la investigación de “Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú” se seleccionaron de dos a tres árboles por especie para el estudio.

3. 5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Métodos y técnicas

A) Selección del Área de Estudio

El área de estudio para la presente investigación fue el fundo El Bosque, que cuenta aproximadamente con 460 hectáreas y de las cuales se seleccionó una parcela de 5 hectáreas y se realizó el inventario de la especie *J. copaia*.

B) Población

La población para la presente investigación son los árboles de *Jacaranda copaia*, que se encuentran en el inventario de 05 hectáreas del fundo de la UNAMAD.

C) Muestra

Las muestras que se utilizó fueron 10 árboles seleccionados al azar con buen porte, estado fitosanitario, tronco recto, de los cuales se extrajo 4 muestras de madera en dirección norte, sur, este y oeste.

D) Inventario de la especie *Jacaranda copaia*.

Se realizó el inventario de la especie *J. copaia*, en el área de 5 ha, recabando información dasométrica de circunferencia a la altura del pecho, diámetro a la altura del pecho, altura comercial, altura total, observaciones y coordenadas. Como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 01. *Inventario de los árboles de la especie Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don.*

Nº	CÓDIGO	NOMBRE CIENTÍFICO	CAP 1 (m)	CAP 2 (m)	DAP (m)	ESTE	NORTE	Altura comercial (m)	Altura total (m)	OBSERVACIÓN
1	A1	<i>Jacaranda copaia</i>	0,58	0,66	0,39	484946	8620818	17	25	
2	A2	<i>Jacaranda copaia</i>	0,46	0,42	0,28	484960	8620850	15	24	Presencia de lianas, pudrición en la base.
3	A3	<i>Jacaranda copaia</i>	0,44	0,39	0,26	484969	8620851	18	29	Pudrición en la base.
4	A4	<i>Jacaranda copaia</i>	0,47	0,46	0,30	485024	8620907	15	26	Presencia de lianas.
5	A5	<i>Jacaranda copaia</i>	0,34	0,35	0,22	485088	8620999	13	21	
6	A6	<i>Jacaranda copaia</i>	0,4	0,37	0,25	485127	8621001	14	24	
7	A7	<i>Jacaranda copaia</i>	0,31	0,28	0,19	485131	8621011	15	25	
8	A8	<i>Jacaranda copaia</i>	0,31	0,3	0,19	485134	8620996	16	24	Presencia de lianas.
9	A9	<i>Jacaranda copaia</i>	0,5	0,48	0,31	485141	8621008	18	30	
10	A10	<i>Jacaranda copaia</i>	0,36	0,38	0,24	485156	8621013	21	26	Presencia de lianas.

3.5.2 Instrumentos

Las muestras de los 10 árboles de *Jacaranda copaia*, fueron colectadas con ayuda del instrumento no destructivo del Barreno de Pressler, que tuvo una dimensión de 5,1 de diámetro x 400 mm de largo. Se obtuvieron cuatro muestras (radios) por árbol, en dirección corteza – médula (Figura 3), distanciadas a 90° y colectadas al nivel del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), del fuste de los árboles seleccionados.

Después se obtuvo las muestras de leño de los árboles de *Jacaranda copaia*, los árboles seleccionados, fueron acondicionados en tubos de plásticos (sorbetes grandes), las cuales fueron codificadas para su fácil distinción y diferenciación entre los árboles y finalmente estas fueron trasladados al Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, ubicada en la Planta Piloto de Tecnología de la Madera – UNAMAD.



Figura 3. Colecta de muestra de *Jacaranda copaia*. **A)** Perforando con el barreno de Pressler. **B)** Colocando el extractor. **C)** Extrayendo la muestra. **D)** Muestra botánica y frutos.

3.5.3 Procesamiento de datos y Análisis estadístico

A) Preparación de las muestras de madera de *Jacaranda copaia*.

Las ejemplares de la especie *J. copaia*, de los 10 árboles, fueron colados en un soporte de madera y ajustadas con pabilo y cinta, colocando hacia arriba la sección transversal. Los códigos de campo fueron colocados en cada soporte de madera para mantener el orden. Posteriormente las maderas se secaron a temperatura ambiente y lijadas - pulidas en una secuencia de lijas (60-1200 grano/cm²), para resaltar los anillos de crecimiento de *J. copaia*, en el corte transversal. (Figura 4).



Figura 4. A). Encolado de las muestras. B) Amarrando las muestras en el soporte de madera. C) Digitalización de las maderas.

B) Identificación de los anillos de crecimiento de *Jacaranda copaia*, digitalización de las muestras y medición.

Los anillos de crecimiento de *J. copaia*, se identificó realizando, las observaciones en la sección transversal con lupa de 10x y con microscopio estereoscopio Leica, marcando en el soporte de madera la delimitación de cada anillo de crecimiento. La Caracterización de los anillos de crecimiento de la madera de *J. copaia*, se realizó en base a International Association of Wood Anatomists Committee (IAWA 1989).

Posteriormente se digitalizaron las muestras con un escáner a una resolución de 1200 dpi, con la finalidad de destacar los anillos y que sea mejor su observación y posterior medición (Figura 4C).

Las imágenes digitalizadas de los 10 árboles de *J. copaia*, se midieron con el Software Image Pro Plus v4.5, previo a este paso las escalas fueron calibradas. Luego de la medición del ancho de los anillos de crecimiento de manera manual, se exportaron los valores obtenidos por cada árbol hacia Microsoft Office Excel para ser ordenados y posteriormente analizados.

C) Sincronización de los anillos de crecimiento de la madera *Jacaranda copaia* y elaboración de la cronología de la especie.

El crossdating, que consisten en padrones de ancho entre los anillos y entre los radios medidos de los mismos árboles o entre padrones de ancho de anillos de diferentes árboles de *J. copaia*, para atribuir un año calendario para cada anillo de crecimiento detectado.

La data de las mediciones del ancho de los anillos de crecimiento fueron analizados por el software de estadística COFECHA (Holmes 1983), con la finalidad de controlar y verificar la sincronización de las series entre y dentro de cada árbol; el programa además permite detectar si existen anillos falsos o si se tiene anillos que están faltando, con la finalidad de un control

posterior, además de permitir comprobar y corregir el sincronizado de las series.

Para la obtención de la cronología de la especie *J. copaia*, en el fundo El Bosque, se aplicó el software ARSTAN (Holmes 1983). El software permite realizar la estandarización de las muestras o series individuales de cada árbol.

D) Incremento radial de *Jacaranda copaia*

Se utilizó los 10 árboles de *J. copaia*, se procedió a la determinación del crecimiento en diámetro del tronco de los árboles a partir de: 1) Incremento corriente anual en diámetro (ICAD). 2) Incremento diametral acumulado (IDA). Incremento medio anual en diámetro (IMAD).

Expresiones:

$$ICAD = 2 \times \text{Ancho del anillo}$$

$$IDA = \sum_1^n ICAD$$

Posteriormente conocido el ICA para cada año, se calculó el incremento medio anual (IMA) para cada año de crecimiento, expresado como la sumatoria del incremento corriente anual:

$$IMA = \frac{\sum ICA_{DAP}}{Edad}$$

E) Cronología de *Jacaranda copaia* y relación con el clima y el fenómeno El Niño.

La cronología de la especie *J. copaia*, fue correlacionadas con los datos registrados cada mes de precipitación y temperatura y también con datos históricos del fenómeno de El Niño, obtenido de la base del *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCEP-NCAR Reanalysis); información

histórica de la precipitación total y la temperatura del aire y precipitación total (Kalnay et al. 1996; NOAA 2017).

F) Tratamiento de los datos

Para la medición del ancho de los anillos de crecimiento se utilizó el programa Imagen Pro Plus, y para determinar el nivel de correlación los datos se usaron el programa COFECHA, para la obtención de la cronología master se utilizó el programa ARSTAN. También se utilizó el software R (R Development Core Team 2013).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la presente investigación en función a los objetivos planteados.

A) Caracterización de la sección transversal de los árboles de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

La sección transversal se caracteriza por presentar albura y duramen no diferenciado, de color crema blanquecina. Presenta una textura media. **Poros:** la porosidad es de tipo difusa, los poros son visibles a simple vista, poros mayormente solitarios y escasamente múltiples de 2 y 3 poros. Inclusiones ausentes. **Parénquima:** Es visible con la lupa de 10X, del tipo paratraqueal aliforme y confluyente de alas delgadas. **Radios:** Son visibles con lupa de 10X, medianos. Olor y sabor no distintivo (Figura 5).

Caracterización de los Anillos de Crecimiento de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

La especie de *J. copaia*, en la sección transversal, se caracterizan anatómicamente por evidenciar anillos de crecimientos distintos a simple vista. El límite de los anillos de crecimiento es por zonas fibrosas de una coloración crema oscura (Figura 5). En la zona cerca a la médula, los anillos son poco diferencia o suavemente marcados. Sobre los anillos de crecimiento falsos, se caracterizan por ser discontinuos, de coloración tenue en comparación a los anillos verdaderos muy escasos.

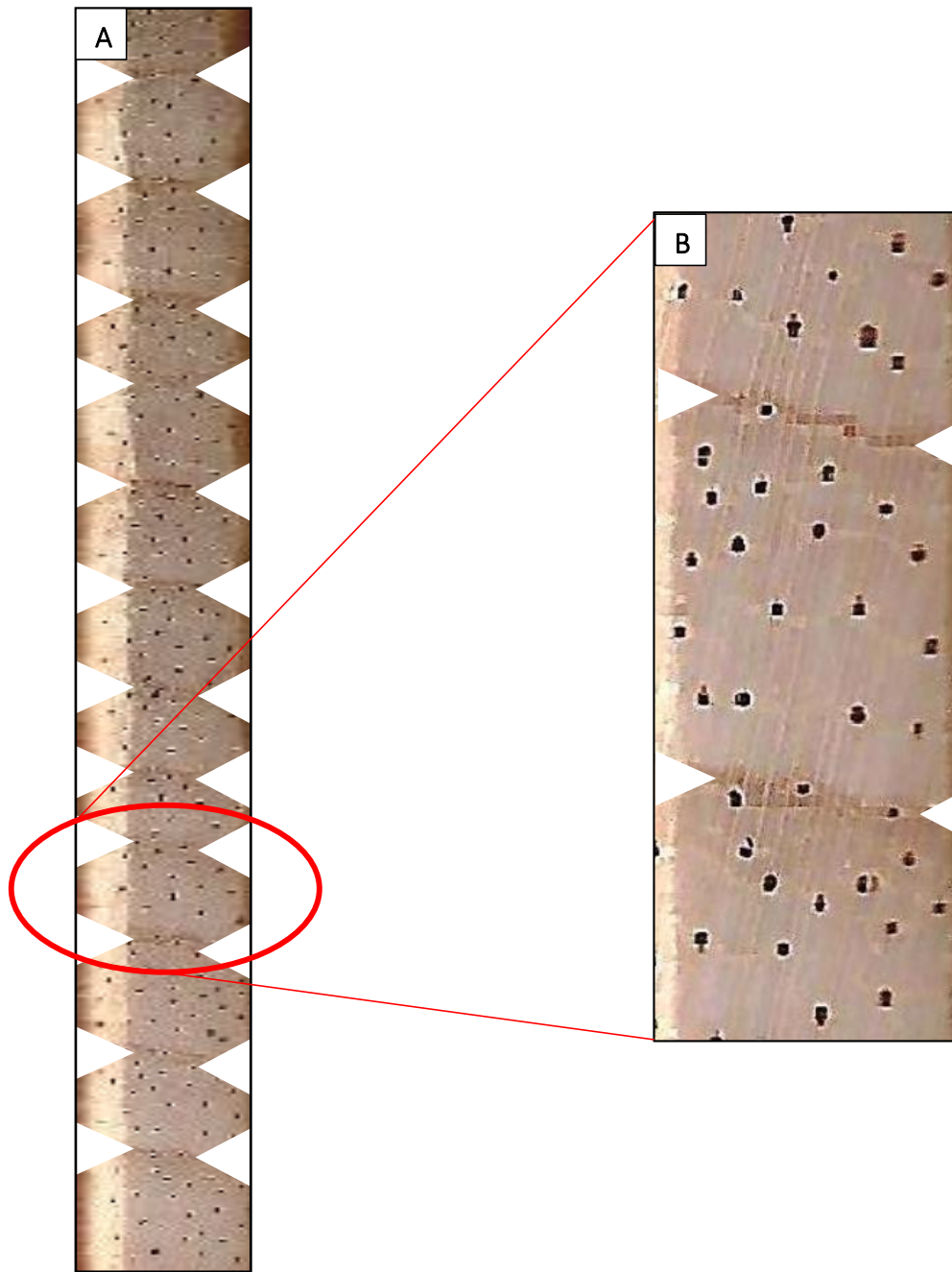


Figura 5. Sección Transversal Macroscópica de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. **A)** Muestra el límite de los anillos de crecimiento. **B)** Muestra los detalles de la anatomía de la madera.

Sobre la descripción macroscópica de la sección transversal de *J. copaifera*, esta coincide con lo encontrado en la literatura científica (Aróstegui 1982; Acevedo y Kikata 1994; Beltrán y Valencia 2013)

A continuación se mencionan especies de la familia Bignoniaceae, que presentan anillos de crecimiento visibles: *Handroanthus serratifolius*, *Zeyheria tuberculata* (Lisi et al. 2008; Andrade et al. 2019), *Tabebuia aurea* (Vieira, Groenendijk y Lisi 2019), *Crescentia amazonica*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Tabebuia barbata*, *Tabebuia cassinoides*, *Tabebuia heptaphylla*, *T. impetiginosa*, *T. ochracea*, *T. umbellata*, *Zeyheria tuberculata* (Worbes 1999; Morales 2007). Se encontró en la literatura científica que las especies de la familia Bignoniaceae muestran anillos de crecimientos visibles y distintos.

Con la información antes mencionada y el presente estudio se confirma que la especie *J. copaia*, presenta anillos visibles y distintos.

Cronología de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Las series del ancho de los anillos de crecimiento de *J. copaia* (Figura 6), construida con muestras colectadas no destructivas en octubre del 2019, muestran en el ancho de sus anillos de crecimiento tendencias similares de los 10 árboles de bosque natural.

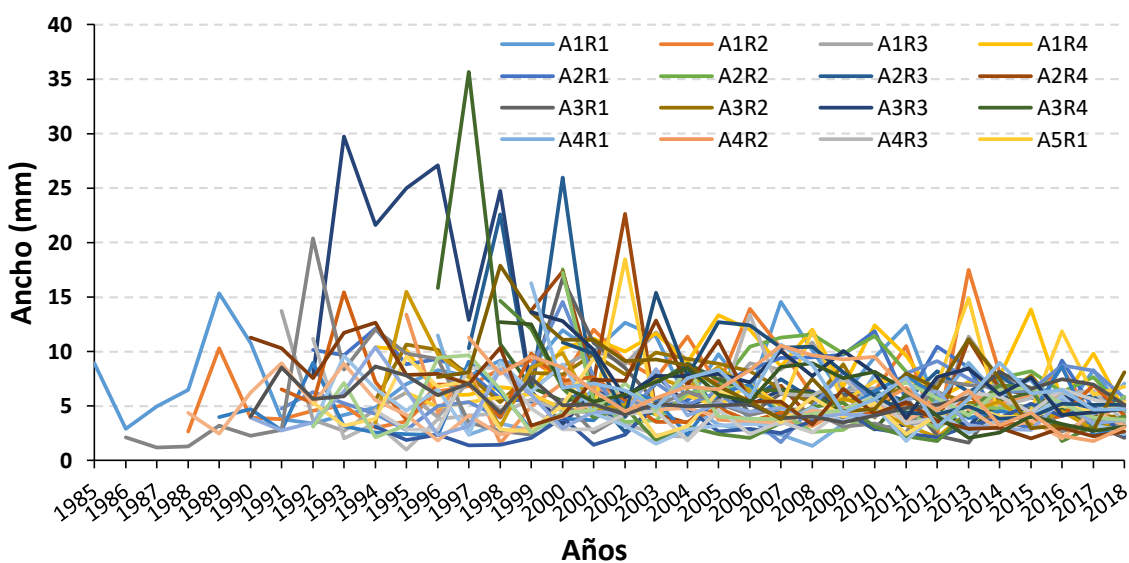


Figura 6. Ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Se realizó el control de calidad de las medidas del ancho de los anillos de crecimiento de *J. copaia*, descartando 06 muestras radiales y manteniendo los 10 árboles colectados disponibles para sincronizar sus series cronológicas (Tabla 5).

Tabla 2. Control de calidad de las medidas del ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Especie	N° de árboles		Cronología (intervalo)	Edad máxima
	Antes	Después		
<i>Jacaranda copaia</i>	10 (40)	10 (34)	1984 - 2018	34 años

Fue posible sincronizar las series de los anchos de los anillos de crecimientos de los 10 árboles de *J. copaia*, mediante el programa COFECHA. Los resultados muestran una cronología construida desde 1984 hasta el 2018, teniendo árboles más viejos de *J. copaia*, de 34 años y los más jóvenes de 19 años. Estos árboles de *J. copaia*, presentaron una intercorrelación de 0,361 para los 10 árboles, en promedio presento una sensibilidad de 0,367 (Tabla 03).

Tabla 3. Valores estadísticos de la datación y estandarización de la cronología de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Especie	<i>Jacaranda copaia</i>
N° de árboles	10
Intercorrelación (Promedio)	0,361
Sensibilidad (Promedio)	0,364
Cronología (Rango)	1984 - 2018
Edad máxima	34 años

Luego de haber obtenido una intercorrelación mayor a 0,32 que establece el programa COFECHA, se utilizó el programa ARSTAN, para conseguir la cronología master de los árboles de *J. copaia* del fundo El Bosque de la UNAMAD. Dicha cronología master fue generada a partir de los 10 árboles colectados con 34 muestras radiales, construyendo una serie master de 34 años (1984-2018) (Figura 7).

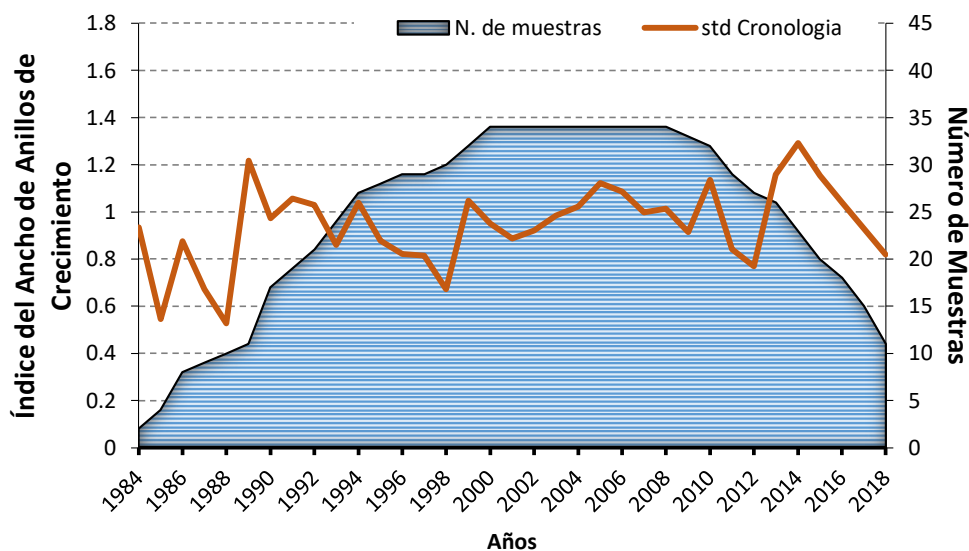


Figura 7. Cronología master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

En el estudio de 80 especies forestales en la selva central del Perú, donde se muestra el potencial de la marcación de los anillos de crecimiento para estudios dendrocronológicos (Beltrán y Valencia 2013), se analiza los anillos de crecimiento de *J. copaia* y se menciona que esta especie presenta anillos de crecimientos que se distinguen a simple vista, que son regulares, que se delimitan por una zonas fibrosas y que presenta potencialidad para la dendrocronología. Si bien este autor no realizó mayor análisis para la especie, con esta investigación se confirma el potencial dendrocronológico que tiene la especie.

Por otra parte una especie del mismo género *Jacaranda*, fue mencionada por (Morales 2007), mencionando la especie *Jacaranda cuspidifolia*, forma anillos de crecimiento anuales.

Incremento Radial de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

El crecimiento radial de los 10 árboles de la especie *J. copaia*, mostraron una variación en el ancho las camadas de crecimiento, siendo el árbol más joven de 19 años y el más viejo de 34 años (Figura 8).

El diámetro a la altura del pecho “DAP” de los 10 árboles de *J. copaia*, vario de 19 a 39 cm. Los 10 árboles de *J. copaia*, presentaron un similar patrón de crecimiento, siendo estos árboles de diferentes edades (Figura 8). El incremento medio anual para los 10 árboles promedio, mínimo y máximo fue de 0,80, 0,29 y 1,57 cm/año respectivamente. Las trayectorias de crecimiento fueron similares para los 10 árboles, donde los primeros tres años presentando un crecimiento similar, después cada árbol se va diferenciando, pero respetando su tendencia de crecimiento promedio.

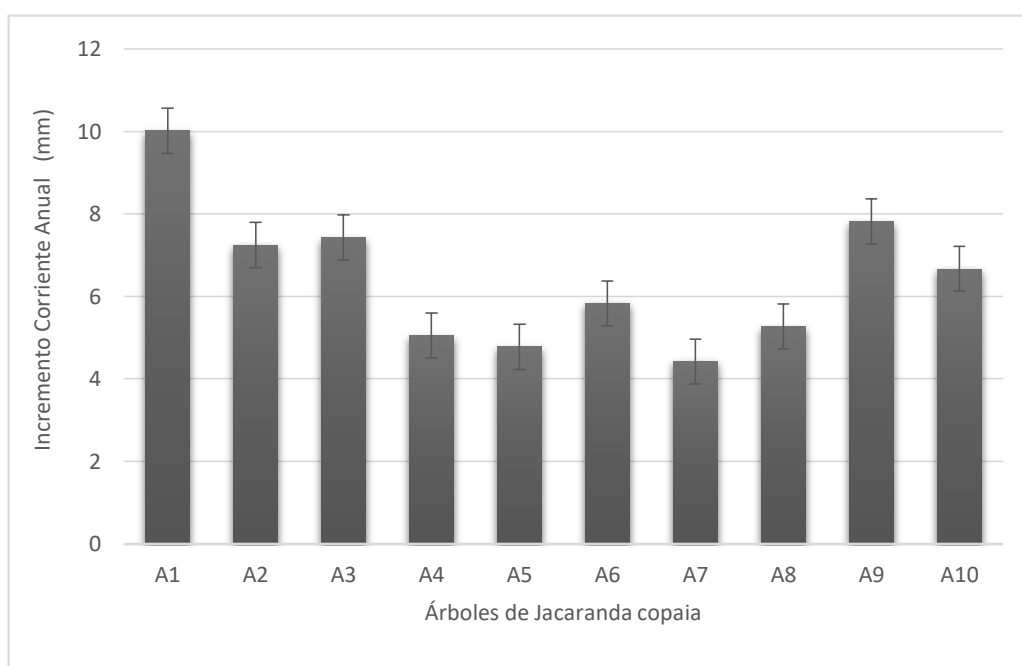


Figura 8. Incremento corriente anual (ICA) de los diez árboles de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

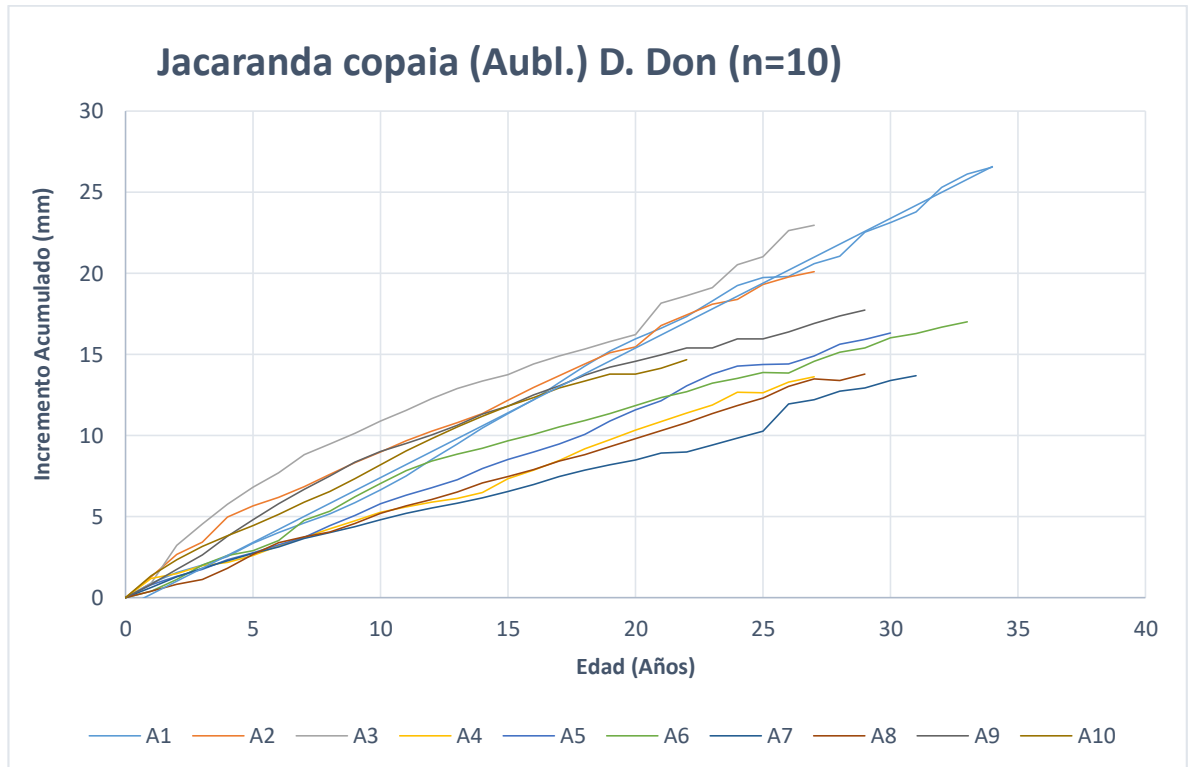


Figura 9. Incremento en diámetro acumulado de los diez árboles de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Comparando el incremento medio anual de *J. copaia* con la especie *Cedrela odorata*, se puede observar que el incremento medio anual de *C. odorata* es de 0,58 cm/año, lo que muestra que la especie *J. copaia*, comparada con esta especie presenta un mayor crecimiento promedio.

Si bien el incremento medio anual de *J. copaia*, no supera un centímetro por año, muchos confunden que el crecimiento rápido en altura de *J. copaia*, está vinculada también con el rápido crecimiento en diámetro, sin embargo, eso según lo analizado no es así.

El Fenómeno de El Niño y la cronología de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

Se graficó la cronología obtenida de los 10 árboles de *J. copaia*, y los datos históricos del fenómeno de El Niño; en dicho gráfico se observa algunos episodios bien marcados, donde se observa una disminución del ancho de las capas de crecimiento, en los años 1997, 2002 y 2009 (Figura 10), dicha reducción del ancho de las capas de crecimiento, de *J. copaia*, muestra una disminución tasa de incremento en la población y puede estar conexas a los sucesos más severos del fenómeno de El Niño. El ancho de las capas de crecimiento de *J. copaia*, fue correlacionado positivamente (0,18065) con el índice del fenómeno El Niño Oceánico (ONI), de noviembre, diciembre y enero.

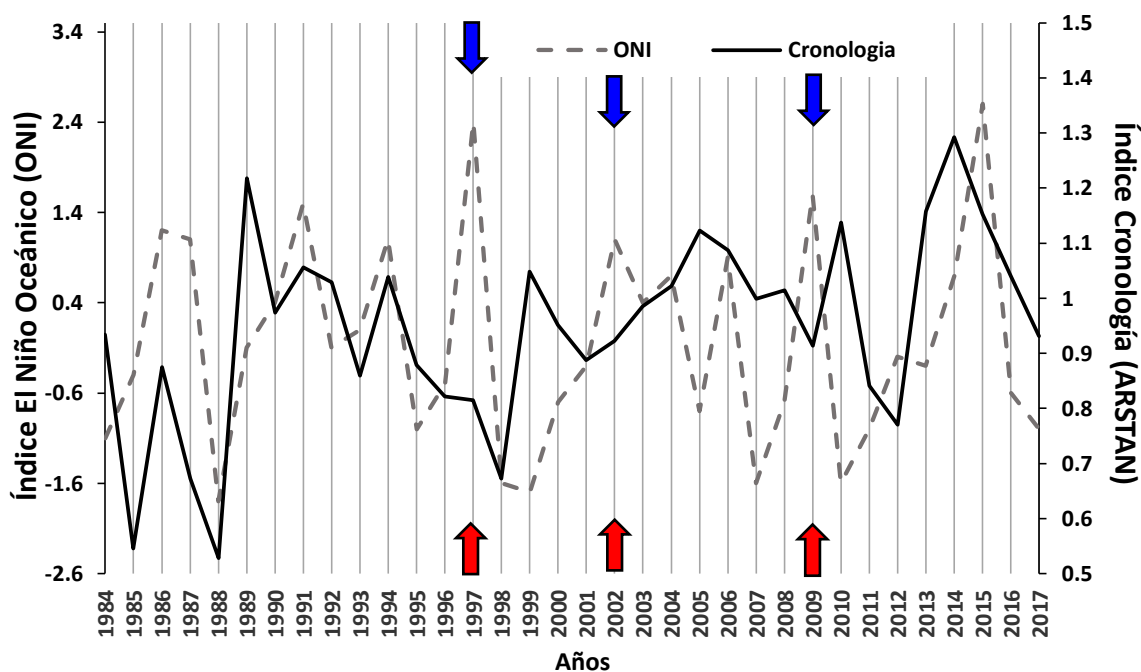


Figura 10. Relación entre los eventos de El Niño (línea trazada ceniza) y el ancho de los anillos de crecimiento de *Jacaranda copaia* (línea negra), con detalles de los anillos más cortos (flecha roja) y los de los eventos más severos de El Niño (flecha azul).

En la figura 10, además se muestran dos episodios claramente distinguibles en los años 1988 y 1998; donde la cronología coincide exactamente con la curva ONI, y que si es para abajo representa el fenómeno de La Niña, con esto podemos inferir que cuando el fenómeno de La Niña fue significativo el crecimiento disminuyo posiblemente porque existió mucha precipitación lo que hizo que el suelo se saturó de agua, limitando su crecimiento para no sufrir embolia.

Diversos estudios muestran que las especies forestales de los bosques tropicales son influenciados por el fenómeno de El Niño y la Niña, como en los países de Brasil y Colombia (Brienen et al. 2012; Moreno y del Valle 2015; Fortes et al. 2018; Batista y Schöngart 2018).

También en Perú se realizaron estudios relacionados con el fenómeno El Niño (Rodríguez et al. 2005), en el norte del Perú, realizó estudios con la especie *Bursera graveolens* y *Prosopis* sp.

CONCLUSIONES

La caracterización de la sección transversal de la madera de *Jacaranda copaia*, coincide con la literatura científica.

Los anillos de crecimiento de *J. copaia*, son visibles a simple vista demarcados por zonas fibrosas.

Sobre la dendrocronología se construyó una cronología de 34 años de 1984 al 2018, con los 10 árboles colectados, presentando una intercorrelación de 0,361.

Por último, respecto a la relación que se tiene entre la cronología de la achihua y el fenómeno de El Niño, se observó episodios de baja tasa de crecimiento en años en los que el fenómeno El Niño fue alto.

RECOMENDACIONES

Seguir estudiando esta especie forestal con mayor número de árboles y si es posible aumentar al estudio rodajas para mejorar la intercorrelación.

Como la madera es de densidad baja se recomienda tener el mayor detalle al momento de coleccionar las muestras de maderas para que no sufran deformaciones al momento del secado.

Estudiar otras especies de la familia Bignoniaceae, en los bosques tropicales de la región de Madre de Dios, con la finalidad de verificar la potencialidad de esta familia botánica recomendada por la literatura científica.

REFERENCIAS

- ACEVEDO, M. y KIKATA, Y., 1994. *Atlas de Maderas del Perú*. I. Lima - Perú: s.n.
- ANDRADE, V.H.F., MACHADO, S. do A., FIGUEIREDO FILHO, A., BOTOSSO, P.C., MIRANDA, B.P. y SCHÖNGART, J., 2019. Growth models for two commercial tree species in upland forests of the Southern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, vol. 438, pp. 215-223. ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2019.02.030.
- ARÓSTEGUI, A., 1982. *Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas*. S.I.: PNUD-FAO. (Documento de trabajo N°2).
- 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.
- BELTRÁN GUTIÉRREZ, L.A. y VALENCIA RAMOS, G.M., 2013. Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú. *Revista de Biología Tropical* [en línea], vol. 61, no. 3. [Consulta: 24 septiembre 2018]. ISSN 2215-2075, 0034-7744. DOI 10.15517/rbt.v61i3.11778. Disponible en: <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/11778>.
- BELTRÁN, L.A. y VALENCIA, G.M., 2013. Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú. *Revista de Biología Tropical* [en línea], vol. 61, no. 3. [Consulta: 9 marzo 2020]. ISSN 2215-2075, 0034-7744. DOI 10.15517/rbt.v61i3.11778. Disponible en: <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/11778>.
- BRIENEN, R.J., HELLE, G., PONS, T.L., GUYOT, J. y GLOOR, M., 2012. Oxygen isotopes in tree rings are a good proxy for Amazon precipitation and El Niño-Southern Oscillation variability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, no. 42, pp. 16957-16962. ISSN 0027-8424, 1091-6490. DOI 10.1073/pnas.1205977109.

- CARDOZO, J. y PORTAL, L., 2013. *Características principales de 10 especies forestales de la región de Madre de Dios*. Puerto Maldonado - Perú.: s.n.
- DELTA-INKEY.COM, 2020. Maderas comerciales - Jacaranda copaia (Aubl.) D.Don, Jacaranda spp. (Copaia). [en línea]. [Consulta: 17 enero 2020]. Disponible en: <https://www.deltainkey.com/wood/es/www/bigjacop.htm>.
- FORTES, C., NUNES, C., ARTIAGA, S., PAIXÃO, E., JUNK, W. y SCHÖNGART, J., 2018. Dendrochronological records of a pioneer tree species containing ENSO signal in the Pantanal, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, vol. 41, no. 1, pp. 167-174. ISSN 0100-8404, 1806-9959. DOI 10.1007/s40415-017-0434-8.
- GUTIÉRREZ, M., 2009. *La dendrocronología: métodos y aplicaciones*. España: s.n. ISBN 978-84-393-8082-5.
- 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.
- 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.
- LISI, C.S., FO, M.T., BOTOSSO, P.C., ROIG, F.A., MARIA, V.R., FERREIRA-FEDELE, L. y VOIGT, A.R., 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. *Iawa Journal*, vol. 29, no. 2, pp. 189–207.
- MORALES, J., 2007. *Anéis de crescimento de Araucaria angustifolia (bertol.) o. kuntze: bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil*. Porto Alegre - Brasil: Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- 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.

NOAA, 2017. NOAA's Climate Prediction Center. [en línea]. [Consulta: 30 marzo 2018]. Disponible en: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013. *R: a language and environment for statistical computing* [en línea]. Vienna, Austria: s.n. [Consulta: 14 marzo 2018]. ISBN ISBN: 3-900051-07-0. Disponible en: <https://www.gbif.org/tool/81287/r-a-language-and-environment-for-statistical-computing>.

RODRÍGUEZ, R., MABRES, A., LUCKMAN, B., EVANS, M., MASIOKAS, M. y EKTVEDT, T.M., 2005. "El Niño" events recorded in dry-forest species of the lowlands of northwest Peru. *Dendrochronologia*, vol. 22, no. 3, pp. 181-186. ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2005.05.002.

ROSETO, J., 2009. *Dendrocronologia de árvores de mogno, Swietenia macrophylla King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Deus, 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>.

SUNTAXI, F. y JUMÉNEZ, E., 2011. Aproximación dendroclimatológica, en un Bosque Seco utilizando la Especie Guasmo (*Guazuma ulmifolia*) y su Relación con la Precipitación y la TEMperatura en el Período 1974-2007. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*, vol. 24, no. 1, pp. 19-26.

TROPICOS.ORG, 2020. Mapa de Jacaranda copaia. [en línea]. [Consulta: 17 enero 2020]. Disponible en: <https://www.tropicos.org/MapsCountry.aspx?maptype=4&lookupid=3700620>.

VIEIRA, J.R., GROENENDIJK, P. y LISI, C.S., 2019. Dendrochronological potential of four neotropical dry-forest tree species: Climate-growth correlations in northeast Brazil. *Dendrochronologia*, vol. 53, pp. 5-16. ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2018.10.011.

WORBES, M. 6117, 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

Fotos de Campo: Se anexan fotos del procedimiento de la colecta de campo de *J. copaia*, en el fundo El Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.



