

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE ANILLO DE CRECIMIENTO
DE HUAMANZAMANA "*Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don" Y
HUANGANA CASPI "*Senefeldera inclinata* P. Franco" CON FINES
DENDROCRONOLÓGICOS, TINGO MARÍA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN
FORESTALES**

**PRESENTADO POR:
CÉSAR OMAR ESCALANTE FERNÁNDEZ**

2014



T
FOR
Escalante Fernández, César Omar

Caracterización anatómica de anillos de crecimiento de Huamazmana “*Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don” y Huangana Caspi “*Senefeldera inclinata* P. Franco” con fines dendrocronológicos, Tingo María. Tingo María 2014

63 páginas.; 15 cuadros; 24 figuras.; 39 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestales)
Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María (Perú) Facultad de Recursos
Naturales Renovables.

1- CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA 2- ANILLOS DE CRECIMIENTO
3- JACARANDA COPAIA (AUBLET) D. DON 4- SENEFELDERA
INCLINATA P. FRANCO 5- DENDROCROLOGÍA 6- BRUNAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 15 de abril de 2014, a horas 8:00 a.m. en la Sala de Grados de la UNAS, para calificar la Tesis titulada:

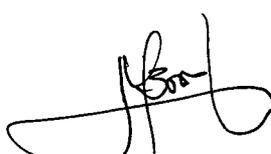
CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE ANILLOS DE CRECIMIENTO DE HUAMANZAMANA “*Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don” Y HUANGANA CASPI “*Senefeldera inclinata* P. Franco” CON FINES DENDROCRONOLÓGICOS, TINGO MARÍA

Presentado por el Bachiller: **CÉSAR OMAR ESCALANTE FERNÁNDEZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “**MUY BUENO**”.

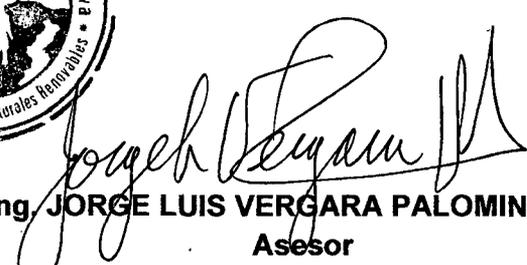
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 09 de junio de 2014.


Mg. Sc. Ing. RICARDO OCHOA CUYANA
Presidente


Ing. MANUEL REYNERIO BRAVO MORALES
Miembro


Ing. WARREN RIOS GARCÍA
Miembro


Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO
Asesor



DEDICATORIA

Esta tesis representa la culminación de muchos esfuerzos y sacrificios por alcanzar una meta más en mi vida. Por ello dedico esta investigación a todos aquellos que me brindaron su apoyo incondicional y que fueron mi fuente de inspiración para seguir adelante en los momentos difíciles y muy especialmente:

A DIOS TODO PODEROSO que me dio y dará muchas más oportunidades y que me ilumina en este camino que lo llamo "vida".

A mi madre Doris Luz Fernández Fonseca, por darme la vida y ser mi fuerza interna en complicidad de mi padre César Escalante Panduro; ambos hicieron un gran esfuerzo al educarme, guiarme por el camino correcto, para superarme como persona y profesional.

A mi hermana menor Katia, por el amor que siempre tendremos y por sobre toda las cosas ser mi "hermana".

A mi tíos, Luis, Julia, Adela.

Este logro es de todos nosotros...!!!

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

A mi asesores Ingenieros Jorge Luis Vergara Palomino y Jorge Birino Álvarez Melo, por ser mis profesores y brindarme su apoyo por el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional del Centro del Perú, por permitirme realizar mi investigación en su laboratorio de Dendrocronología del Proyecto FINCyT.

A la Ing. Gaby Inga Guillen, profesional a cargo del Laboratorio de Tecnología de la Madera e Industrias Forestales de la Universidad Nacional del Centro del Perú, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la fase de laboratorio y consejos para la culminación del presente estudio.

Al Ing. José Ugarte, profesional de CITE Madera, por la orientación brindada hacia las consultas necesarias durante el proceso de investigación.

A los Ingenieros de la Facultad de Recursos Naturales Renovables por las enseñanzas que contribuyeron en mi formación y desarrollo profesional.

¡MUCHAS GRACIAS!

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de caracterizar los anillos de crecimiento de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco y determinar su aptitud para estudios dendrocronológicos. Se consideró las Normas Técnicas Peruanas N° 251-008; COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) N° 30:1-019 y la IAWA (1989).

Respecto a la caracterización anatómica de anillos de crecimiento *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don presenta madera temprana y madera tardía bien diferenciadas o distintas, con un promedio de 6 anillos/2,5 cm de radio, porosidad difusa, demarcada por una banda de fibras aplanadas radialmente perteneciente a madera tardía y dando una coloración más oscura. Por su parte, *Senefeldera inclinata* P. Franco presenta anillos de crecimiento poco regulares, diferenciados por madera temprana y madera tardía, promedio de 5 anillos/2,5 cm, porosidad difusa no visible a simple vista, constituido por fibras de paredes gruesas y aplanadas en madera tardía.

Respecto a la aptitud dendrocronológica la especie *Jacaranda copaia* (Aublet) D Don presenta buena aptitud dendrocronológica; a diferencia de *Senefeldera inclinata* P. Franco que presenta regular aptitud para estudios dendrocronológicos.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Anillos de crecimiento.....	4
2.1.1. Formación de los anillos de crecimiento	4
2.1.2. Anillos de crecimiento en especies tropicales	5
2.1.3. Anillos falsos	6
2.1.4. Análisis de los anillos de crecimiento	7
2.1.5. Características estructurales en los anillos de crecimiento	8
2.2. Estructura macroscópica y microscópica de la madera.....	9
2.2.1. Características macroscópicas de la madera.....	9
2.2.2. Características microscópicas en la madera.....	12
2.3. Factores que influyen en la formación de los anillos de crecimiento	18
2.4. Dendrocronología	18
2.4.1. Características para su aplicación en dendrocronología	20
2.4.2. Condiciones para aplicar la dendrocronología	21
2.5. Antecedentes de la investigación	22
2.6. Características generales de <i>Jacaranda copaia</i> (Aublet) D. Don	30
2.6.1. Descripción taxonómica	30
2.6.2. Descripción dendrológica	31
2.6.3. Características de la madera.....	31
2.6.4. Características anatómicas	32
2.7. Características generales de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco	32
2.7.1. Descripción taxonómica	32

2.7.2. Descripción dendrología.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. Características generales del área de estudio.....	34
3.1.1. Ubicación política	34
3.1.2. Ubicación geográfica.....	34
3.1.3. Clima y ecología.....	35
3.1.4. Hidrografía y fisiografía	35
3.2. Materiales	35
3.2.1. Materiales, equipos e instrumentos de campo	35
3.2.2. Materiales de laboratorio.....	36
3.2.3. Equipos para la preparación de las muestras	36
3.2.4. Equipos para el estudio anatómico	36
3.2.5. Reactivos y soluciones químicas.....	37
3.3. Metodología.....	37
3.3.1. Fase de campo.....	38
3.3.2. Fase de laboratorio	39
3.3.2.1. Caracterización de los anillos de crecimiento	39
3.3.2.2. Preparación de las láminas histológicas.....	39
3.3.2.3. Preparación del tejido macerado	40
3.3.2.4. Descripción macroscópica	41
3.3.2.5. Descripción microscópica	41
3.3.2.6. Determinación de la aptitud dendrocronológica de las especies.....	42
IV. RESULTADOS	43
4.1. Caracterización general de anillos de crecimiento	43
4.2. Caracterización anatómica	44

4.4.1. Descripción de <i>Jacaranda copaia</i> (Aublet) D. Don.....	44
4.4.1.1. Caracterización de anillos de crecimiento.....	44
4.4.1.2. Características macroscópicas	45
4.4.1.3. Características microscópicas	45
4.4.2. Descripción de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco.....	47
4.4.2.1. Caracterización de los anillos de crecimiento.....	47
4.4.2.2. Características macroscópicas	48
4.4.2.3. Características microscópicas	49
4.3. Aptitud dendrocronológica	50
V. DISCUSIÓN	52
5.1. Caracterización de anillos de crecimiento	52
5.2. Aptitud dendrocronológica	57
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES	61
VIII. ABSTRACT	62
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS.....	70
Anexo 1.....	71
Anexo 2.....	72
Anexo 3.....	73
Anexo 4.....	77
Anexo 5.....	82
Anexo 6.....	86
Anexo 7.....	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Coordenadas UTM de ubicación de los árboles de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) y <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco (Datum WGS 84, Huso 18 sur)	34
2. Valoración de las características anatómicas de anillos de crecimiento.....	42
3. Caracterización general de anillos de crecimiento	43
4. Valores que determinan aptitud dendrocronológica	51
5. Ponderación de las características de crecimiento para determinar la aptitud dendrocronológica	51
6. Dimensiones de la especie forestal <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) - árbol 1	73
7. Dimensiones de la especie forestal <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) - árbol 2	74
8. Dimensiones de la especie forestal <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco - árbol 1.....	75
9. Dimensiones de la especie forestal <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco - árbol 2.....	76
10. Dimensiones dasométricas de las especies forestales estudiadas	76
11. Relación de especies forestales nativas para estudios dendrocronológicos en Brasil.....	87
12. Lista de 32 especies maderables bolivianas potenciales para estudios dendrocronológicos	88
13. Distinción de las zonas de incremento del leño de 41 especies arbóreas del estado de São Paulo, Brasil	89

14. Caracterización anatómica de los anillos de crecimiento de 26 especies de la amazonia peruana y brasilera.....90
15. Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies forestales tropicales y análisis del potencial dendrocronológico, Selva Central.....91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Características de anillos de crecimiento en sección transversal de <i>Jacaranda copaia</i> (Aublet) D. Don.....	46
2. Vistas microscópicas de sección transversal de <i>Jacaranda copaia</i> (Aublet) D. Don	47
3. Características de anillos de crecimiento en corte transversal de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco	49
4. Vista microscópica de sección transversal de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco.....	50
5. Mediciones dasométricas de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco.....	77
6. Extracción de trozas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.).....	77
7. Registro de troza y marcado del norte de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco ..	78
8. Rodajas y tablonés de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) y <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco	78
9. Habilitado de madera de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco para la preparación de xilotecas.....	79
10. Pulido de las rodajas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.).....	79
11. Ablandamiento de cubos y preparación del tejido macerado.....	80
12. Cortes transversales de las muestras en el micrótopo de desplazamiento horizontal	80
13. Observación, medición de elementos leñosos y descripción de anillos de crecimiento	81

14. Descripción de elementos leñosos a nivel macroscópico	81
15. Rodaja de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) en sección transversal	82
16. Corte radial de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.).....	82
17. Corte tangencial de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.)	83
18. Microfotografía de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.)	83
19. Rodaja de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco en sección transversal	84
20. Corte radial de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco.....	84
21. Corte tangencial de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco	85
22. Microfotografía de <i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco	85
23. Reforestación con <i>Cedrelinga catenaeformis</i> D.....	86
24. Enriquecimiento del bosque.....	86

I. INTRODUCCIÓN

Conocer la edad de los árboles es importante para determinar las respuestas de crecimiento a los cambios estacionales de precipitación, ciclos biológicos de corta y el tiempo de renovación de la masa forestal; siendo de gran utilidad para la toma de decisiones en el manejo forestal. Una forma de calcular la edad de los árboles tropicales es por conteo directo de los anillos de crecimiento; sin embargo es necesario reconocer su existencia o que sean visibles en las especies de interés.

Además, el estudio de los anillos de crecimiento, el tiempo de formación y su relación con las condiciones ambientales es llamado dendrocronología, siendo utilizado para establecer reconstrucciones climáticas, en ecología permite determinar tasas de crecimiento, ciclos de rotación y tasas de reposición siendo información de gran importancia en el manejo forestal para la sostenibilidad de los bosques naturales

Asimismo, el análisis de anillos de crecimiento en árboles tropicales es más difícil debido a su estructura anatómica compleja y la falta de una estacionalidad climática marcada, factores que han dificultado el avance de estudios dendrocronológicos en los trópicos.

No obstante, en el Perú la dificultad de hallar especies potenciales para estudios dendrocronológicos están fuertemente limitados ya que en muchos casos es difícil visualizar una demarcación clara de los anillos de crecimiento.

En tal sentido la anatomía de la madera es importante ya que nos permite identificar las características necesarias que debe tener una especie forestal para su aplicación en la dendrocronología y sus diferentes disciplinas.

No obstante, la presente investigación busca proporcionar información base para futuras investigaciones en el campo de la dendrocronología con especies tropicales que poco se han estudiado en el Perú.

Asimismo, a través de la caracterización anatómica se logrará determinar la aptitud para estudios dendrocronológica de las especies forestales tropicales mediante el análisis de los anillos de crecimiento, siendo la hipótesis propuesta. El objetivo que se desea lograr es caracterizar los anillos de crecimiento de las especies *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don "huamanzamana" y *Senefeldera inclinata* P. Franco "huangana caspi", provenientes del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y determinar su aptitud dendrocronológica.

Además de tener como objetivos específicos:

- Caracterizar la estructura macroscópica y microscópica de los anillos de crecimiento del leño de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco.

- Determinar la aptitud dendrocronológica de las especies *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco en el BRUNAS.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Anillos de crecimiento

Es una capa de células de xilema producidas durante un año, y que en sección transversal aparece como una banda (LÓPEZ, 2006). Otra definición indica que son bandas concéntricas o casi concéntricas compuestas de distintas proporciones de tejidos, tamaño y morfología de células (NÚÑEZ, 2008).

Estas bandas están compuestas por diferentes tipos de células o elementos leñosos, cada uno de los cuales posee características particulares (Worbes y Junk, 1999, citado por LÓPEZ, 2006).

2.1.1. Formación de los anillos de crecimiento

En el manejo forestal el conocimiento de la edad de los árboles es importante para determinar ciclos de corta y el tiempo durante el cual se renueva una masa forestal (MENDOZA, 1993).

Los anillos de crecimiento anual de plantas leñosas son generalmente inducidos por la alternación estacional favorable y desfavorable de las condiciones de crecimiento. Los factores que causan estas alteraciones en las regiones tropicales pueden ser: una distintiva estación seca anual o las inundaciones anuales a la que están sujetas los árboles por periodos largos. La

carencia de agua en la época seca o las condiciones anóxicas de las raíces en las áreas inundadas, inducen a la dormancia del tejido cambial y a la formación de bordes de anillos claramente distinguibles (Worbes, 1995, citado por BRIENEN y ZUIDEMA, 2003).

Los límites entre anillos están definidos por un estrechamiento de traqueidas con paredes gruesas tangencialmente aplastadas, ubicadas al final de cada período de crecimiento que contrastan con los elementos de paredes más delgadas y mayores dimensiones al comienzo del nuevo anillo de crecimiento (Fritts *et al.*, 1999, citado por LÓPEZ, 2011).

2.1.2. Anillos de crecimiento en especies tropicales

Los árboles tropicales no tienen anillos de crecimiento anuales, en razón a la ausencia de estaciones climáticas marcadas (Condit *et al.*, 1993; Lieberman *et al.*, 1985, citado por BRIENEN y ZUIDEMA, 2003).

LEÓN y ESPINOZA (2001) mencionan que en las especies tropicales, los anillos de crecimiento no son siempre definidos y cuando se diferencia corresponden a periodos alternativos de lluvia o sequía. Además IMAÑA y ENCINAS (2008) menciona que las especies tropicales y subtropicales normalmente no presentan un claro contraste entre el leño inicial y el leño tardío, no siempre existe una perfecta diferenciación entre los periodos de crecimiento en función de un periodo seco que se reflejen en los anillos de crecimiento.

Cada especie de árbol tropical tiene su propio ritmo de crecimiento y reacciona diferente a las variaciones estacionales. La variabilidad climática del lugar, los factores edáficos, mecánicos del suelo y la compleja estructura de los bosques tropicales son también razones que varían la diferenciación de los anillos de crecimiento. (TOMAZELLO *et al.*, 2004).

La presencia de anillos anuales de crecimiento es una condición indispensable para la aplicación de técnicas dendrocronológicas (Fritts, 1976 y Schweingruber, 1988, citado por LÓPEZ, 2011).

CAMPOS *et al.* (2008) menciona los anillos de crecimiento se destaca por determinadas características anatómicas tales como: presencia de parénquima marginal en los límites de los anillos de crecimiento, alargamiento de los radios en los límites de los anillos de crecimiento (solo visible bajo microscopio), concentración o mayor dimensión de los poros al inicio del período vegetativo (leño temprano) y mucho más pequeños y generalmente menos numerosos o sea más compactos con fibras de paredes gruesas al final del año de crecimiento (leño tardío).

2.1.3. Anillos falsos

Se forman debido a que el crecimiento es interrumpido por situaciones tales como: sequía, heladas, defoliación por ataque de insectos, granizo, pérdida temporal del follaje causada por heladas tardías, ataques de hongos, de insectos o debido al estímulo de crecimiento fuera de la época

motivado por condiciones favorables como precipitaciones (Burger, 1991, citado por CAMPOS *et al.*, 2008).

Son anillos que parecen indicar anillos separados, pero sin embargo están contenidos en una zona de incremento anual, por lo tanto no reflejan una dominancia cambial completa. Anillos falsos pueden aparecer como bandas discontinuas o como anillos continuos, que usualmente son menos distintos comparados con los anillos adyacentes (BRIENEN y ZUIDEMA, 2003).

Asimismo existe otra categoría de anillos falsos, como son los anillos sobrepuestos que son causados por un crecimiento irregular y ocurren mayormente en arboles con aletones o árboles inclinados (BRIENEN y ZUIDEMA, 2003).

2.1.4. Análisis de los anillos de crecimiento

El análisis de anillos de crecimiento es un método conveniente y directo para la recolección de información de crecimiento de árboles (Worbes, 1995, citado por BRIENEN y ZUIDEMA, 2003).

Los datos de anillos de crecimiento revelan información confiable del crecimiento a lo largo de la vida de un árbol. Adicionalmente, los anillos de crecimiento son la forma más confiable para elaborar estimaciones de edad en comparación de otros métodos que se basan en proyecciones matemáticas y cálculos (Lieberman *et al.*, 1985, citado por BRIENEN y ZUIDEMA, 2003).

El mismo autor argumenta que el análisis de anillos en las especies tropicales es usado para determinar la edad de los árboles, para el estudio de las respuestas de crecimiento a los cambios estacionales de precipitación (Dunisch *et al.*, 2003, citado por BRIENEN y ZUIDEMA, 2003) y para estudiar las tasas de crecimiento y las relaciones entre edad y tamaño.

2.1.5. Características estructurales en los anillos de crecimiento

Los límites de los anillos de crecimiento pueden ser marcados por uno o más de los siguientes cambios estructurales propuestos por IAWA (1989):

- i. Paredes gruesas de fibras o traqueidas de madera tardía frente a paredes delgadas de fibras o traqueidas de madera temprana.
- ii. Diferencias acentuadas en el diámetro de los vasos entre madera temprana y madera tardía de los anillos como porosidad circular y semicircular.
- iii. Bandas marginales de parénquima axial. Los bordes de los anillos son formados por bandas de parénquima terminal que se encuentra alrededor de todo el tronco.
- iv. Decreciente frecuencia parénquima en bandas con respecto a la madera tardía en fibras de zonas bien determinadas.
- v. Radios leñosos con ensanchamiento
- vi. Distribución de vasos
- vii. Ausencia de vasos en el límite del anillo.

2.2. Estructura macroscópica y microscópica de la madera

2.2.1. Características macroscópicas de la madera

La descripción macroscópica de la madera incluye ciertas características observables a simple vista o con ayuda de una lupa de 10x. La estructura, el tamaño y la forma de los tejidos son diferentes en casi todas las especies maderables. Y entre otras características son las que se percibe con la vista, olfato, tacto y gusto (CHAVESTA, 2005).

- Color

Característica más importante de la madera; se refiere siempre a la tonalidad que presenta el duramen. El color se origina por la pigmentación que aportan los compuestos de la madera, entre los que se puede citar: polisacáridos, lignina, gomas y derivados técnicos (ARÓSTEGUI, 1976).

Asimismo el color varía no sólo entre diferentes clases de maderas sino también dentro de una especie y a menudo aún en la misma pieza de madera. Por lo general siempre hay diferenciación entre el color de la albura y el duramen; sin embargo en algunas maderas no existe tal diferenciación; por lo que cuando se utilice el color en procesos de descripción e identificación se debe tomar en cuenta el color correspondiente al duramen (CHAVESTA, 2005).

- Grano

Esta referida a la dirección que tienen las fibras respecto al eje del fuste. Para su determinación se considera la dirección de las fibras, observando las fibras en un plano tangencial; tiene gran importancia en la trabajabilidad de la madera así como en el comportamiento físico – mecánico;

entre ellos tenemos: grano recto cuando la dirección de los elementos leñosos forman un ángulo recto respecto al eje del árbol; grano oblicuo cuando forma ángulos agudos sus elementos; grano entrecruzado cuando la dirección de sus elementos leñosos se encuentran en dirección alterno u opuesta.

- **Brillo**

El brillo depende en gran medida de cuan pulimentada se encuentra la superficie. Fuertemente influido por el contenido de humedad de la madera, el brillo disminuye, cuando aumenta el contenido de humedad. El brillo es también mayor en las secciones longitudinales que en las secciones transversales (DIAZ, 2003).

- **Textura**

Referido al tamaño y distribución de los elementos celulares dentro del incremento anual. Para contrastar la textura se debe observar la sección transversal de la madera así se puede distinguir la textura gruesa, la mediana y la fina. Textura gruesa, son aquellas que tienen elementos celulares de gran dimensión. Textura mediana, son las que tienen células de tamaño intermedio. Textura fina, corresponden a maderas con células de diámetros pequeños.

- **Sabor**

Es una característica organoléptica producida por ciertas sustancias contenidas en la madera que se solubilizan y que por ello son posible detectar con el sentido del gusto y que por lo general se pierden con el tiempo.

Según Tuset y Durand (1979), citado por DÍAZ (2003) afirman que el sabor de una madera está estrechamente vinculado al olor pues se supone que las sustancias responsables de ambos, son las mismas.

- **Olor**

El olor se debe a la presencia de sustancias oleicas volátiles (resinas, aceite esenciales), debido a esto pronto desaparece de una superficie expuesta; por lo tanto, para precisar si un determinado olor está o no presente se debe utilizar preferentemente una superficie del duramen recientemente cortada.

- **Veteado**

Dado por la figura, diseño o veta que se origina en la superficie longitudinal pulida (tangencial o radial), debido a la disposición de los elementos constitutivos del leño, especialmente los anillos de crecimiento, dirección del grano y/o distribución del color, radios leñosos y parénquima, así como también por el tamaño y la abundancia de ellos.

DÍAZ (2003) establece dos tipos de vetas uno denominado cuarteado, que corresponde a un dibujo de líneas paralelas más oscuras que el resto de la madera originada por las maderas tardías. Y el floreado que corresponde a un dibujo de forma irregular, ondulada y piramidal, formado por las maderas tardías.

Además CHAVESTA (2005) clasifica en: arcos superpuestos (dado por anillos de crecimiento), jaspeado (visible en corte radial), bandas paralelas y satinado (existente en especies con grano entrecruzado).

2.2.2. Características microscópicas en la madera

Las células de latifoliadas se disponen en dos direcciones, en células alargadas longitudinalmente y células alargadas transversalmente. Además la estructura interna de las latifoliadas es más especializada y compleja que las coníferas (DÍAZ, 2003 y CHAVESTA, 2005).

i. Vasos

Los vasos son células que aparecen únicamente en las maderas latifoliadas. Son células dispuestas en dirección longitudinal, responsables de la conducción ascendente de la savia bruta absorbida por las raíces y están formados por el empalme longitudinal de células, cada una de las células recibe el nombre de elemento vascular. Se pueden distinguir por su forma, estas pueden ser circular, elíptica o angulosa (GARCÍA, 2003 y DÍAZ, 2003):

Diámetro tangencial de poro: (IAWA, 1989)

- < 50 μm
- 50 – 100 μm
- 100 – 200 μm
- 200 μm

Longitud media de vaso: (IAWA, 1989)

- < 350 μ m
- 350 – 800 μ m
- 800 μ m

Además se distinguen al menos tres tipos de asociaciones de los vasos (poros vistos en forma transversal):

- a. **Vasos solitarios:** estos son poros que se encuentran separados unos de otros, pueden ser de forma circular o elíptica, con el eje mayor en sentido radial. Al menos el 90% de los vasos deben estar aislados para ser considerado este carácter en una madera.
- b. **Vasos múltiples:** cuando se encuentran agrupados dos o más vasos, generalmente en sentido radial. Los vasos intermedios presentan sus paredes tangenciales aplanadas y los extremos del grupo presentan la otra cara redondeada. Los grupos pueden consistir en filas radiales, oblicuas o tangenciales.
- c. **Vasos Agrupados:** en estas agrupaciones cada vaso conserva su individualidad, distribuidos en filas que pueden ser: tangencial y en racimo (GARCÍA, 2003).

En sección transversal, los vasos reciben el nombre de poros y su disposición de estos en los anillos de crecimiento se denomina porosidad (LEÓN y ESPINOZA, 2001) y pueden ser:

- a. **Porosidad circular;** el diámetro de los poros son mayores al inicio de crecimiento y disminuyen al llegar a la zona terminal. Asimismo VILLABA (2000) indica que los poros con diámetros mayores constituyen madera temprana y las de menor dimensión es madera tardía.
- b. **Porosidad semicircular;** disminución gradual del diámetro de los poros en el anillo de crecimiento.
- c. **Porosidad difusa;** cuando los poros son de tamaño más o menos uniformes distribuidos a través de todo el anillo de crecimiento.

De acuerdo a su ordenamiento o agrupación los poros se clasifican: poros con patrón ramificado (dendríticas), en bandas tangenciales (perpendiculares a los radios) y poros en bandas radiales.

ii. **Parénquima longitudinal**

Desempeña la función de almacenamiento y conducción del material nutrido. La cantidad de parénquima varia en diferentes especies latifoliadas. Sus células se destacan por presentar paredes delgadas, no lignificadas, puntuaciones simples y por su forma rectangular y fusiforme en los planos longitudinales (GIMÉNEZ *et al.*, 2005).

El parénquima puede presentarse de dos tipos según su relación espacial con los vasos:

a. Parénquima apotraqueal (no asociado a los vasos)

- **Difuso**; células parenquimáticas aisladas o cordones de parénquima dispersos entre las fibras.
- **Difuso en agregados**; pequeños grupos de células agrupadas en líneas cortas discontinuas, tangenciales u oblicuas.
- **Bandas**; con células aisladas o una banda final (terminal) o inicial en una capa de crecimiento.

b. Parénquima paratraqueal (sistemáticamente asociado a los vasos)

- **Unilateral**; células parenquimáticas formando vaina incompleta alrededor del poro.
- **Vasocéntrico**; células parenquimáticas formando vaina completa alrededor del poro.
- **Aliforme**; con extensiones tangenciales como alas.
- **Confluente**; formando bandas tangenciales o diagonales irregulares.

iii. Parénquima radial o radios

Es un agregado de células en forma de cinta formado por el cambium y extendido radialmente en el tallo de un árbol. Tienen la función de almacenamiento y conducción transversal de las sustancias nutritivas. Los

radios pueden ser homogéneos (formado por un único tipo de células) y heterogéneos (formado por más de una célula) ambos pueden ser uniseriados (constituido por una hilera de células en la sección tangencial) o multiseriados (formado por más de una hilera de células en la sección tangencial) (GIMÉNEZ *et al.*, 2005).

iv. **Fibras**

Las fibras constituyendo el mayor porcentaje de su leño y con función única de sustentación. Su proporción en el volumen total y el espesor de sus paredes influyen directamente en el peso específico, grado de variación volumétrica e indirectamente en las propiedades mecánicas de la madera.

Las fibras libriformes son células con lúmenes más estrechos y paredes más gruesas y constituyen los elementos de sostén, por lo que se principal función es de resistencia mecánica (GARCIA, 2003).

De acuerdo al espesor de pared de la fibra (IAWA, 1989) se distinguen:

- **Fibras de paredes muy delgadas;** fibras de lumen 3 o más veces que el doble del espesor de la pared.
- **Fibras de paredes delgada a gruesas;** fibras de lumen menor que 3 veces el doble del espesor de pared.

- **Fibras de paredes muy gruesas;** fibras con lumen casi completamente cerrado.

Según IAWA (1989) la longitud media de la fibra:

- < 900 μm
- 900 – 600 μm
- > 1600 μm

v. **Traqueidas vasculares**

Las traqueidas vasculares se asemejan a pequeños elementos de vasos de leño tardío, pero sus extremos no son perforados y como cualquier traqueida presenta puntuaciones areoladas en sus paredes. Aparecen organizadas en series verticales, y en sección transversal se confunden con poros pequeños. Desempeñan la función de conducción.

vi. **Traqueidas vasicéntricas**

Son células más cortas e irregulares que las traqueidas vasculares, de extremos redondeados y puntuaciones areoladas en sus paredes. Se encuentran asociadas al parénquima axial, a lo que se asemeja en sección transversal.

vii. **Fibrotraqueidas**

Elementos de transición entre las traqueidas y las fibras. Tienen paredes que en la mayoría de los casos son anchas, y de lúmenes normalmente estrechos. En estas células las punteaduras areoladas están en

mayor proporción, en las paredes tangenciales que en las radiales. Y que de acuerdo a la definición propuesta por IAWA (1989) tienen cámaras de más de 3 μm de diámetro, sus paredes terminales son redondeadas, aguzadas y no perforadas.

2.3. Factores que influyen en la formación de los anillos de crecimiento

Los árboles han mostrado una reacción a las variables ambientales como temperatura, precipitación, etc. que afectan sus numerosos procesos fisiológicos como respiración, flujo de savia, transpiración, etc. reflejando en la actividad cambial y en la formación de anillos de crecimiento. Por lo tanto, las variables ambientales son registradas en los anillos de crecimiento, que expresan los eventos ocurridos en el pasado y en el presente año (ROSETO, 2012).

La actividad cambial de los árboles es, en consecuencia, la formación de los anillos de crecimiento, e influenciado por su genotipo (crecimiento, forma, longevidad, sensibilidad de los anillos de crecimiento y de la estructura anatómica de la madera, etc.), factores bióticos (asociados con micorrizas, o microorganismos patógenos, etc.) y abióticos (luz, temperatura, agua, nutrientes, viento, contaminación del suelo, del aire, fuego, etc.) (TOMAZELLO *et al.*, 2001).

2.4. Dendrocronología

Según Tomazello *et al.* (2001), citado por CAMPOS (2009) menciona que la palabra dendrocronología proviene del griego "**Dendro**" que significa árbol, "**Cronos**" tiempo y "**logos**" ciencia o conocimiento.

Etimológicamente, es la ciencia de datar o fechar (determinar la edad) los árboles. En una definición estricta, es la ciencia de la datación de maderas utilizando sus anillos anuales y en una definición amplia, es la ciencia que fecha los anillos anuales de crecimiento de los árboles, analizando su estructura e investigando la información registrada en ella para aplicaciones a cuestiones ambientales e históricas.

Según CÓRDOVA (2003) es la disciplina que estudia el fechado y la reconstrucción de eventos tales como clima, incendios forestales, actividad volcánica, entre otras características a partir de los anillos del crecimiento de los árboles, además reúne una gran cantidad de datos de alto valor para el seguimiento y toma de decisiones en el manejo forestal, como registros de crecimiento, cuantificación y seguimiento de los volúmenes producidos, así como las estimaciones de la biomasa y el CO₂ fijado en la madera.

Por otra parte, es una fuente importante de información respecto a la calidad de las mismas, al permitir observar su heterogeneidad, formación y defectos, además, admite la realización de estudios de auto-ecología, evaluación o respuesta de actividades silviculturales y reconstrucción de eventos climáticos, entre otros (Correa, 2003 y Tomazello *et al.*, 2001, citado por ROSERO, 2012).

Asimismo dependiendo de los objetivos de las investigaciones existen una serie de aplicaciones como dendroglaciología, dendropirocronología, dendroarqueología, dendrogeomorfología,

dendrohidrología, dendroclimatología, dendroecología, dendroquímica (León y Espinoza, 2001; Tomazello *et al.*, 2001 y Robertson, 2008, citado por GIRALDO, 2010).

2.4.1. Características para su aplicación en dendrocronología

Innumerables familias botánicas de especies latifoliadas arbóreas tropicales poseen potencial para la dendrocronología, de las cuales muchas tienen que reunir importantes y fundamentales características para su aplicación en dendrocronología.

TOMAZELLO *et al.* (2000) menciona las siguientes características que debe cumplir una especie tales como:

- i. Significativo número de especies en el ecosistema forestal, con amplia diversidad ecológica.
- ii. Especies que presentan eventos fenológicos distintos, como la caída de hojas en la estación seca, en condiciones naturales y en plantaciones.
- iii. Madera con estructura anatómica caracterizada por la nitidez y delimitación de los anillos anuales de crecimiento.
- iv. Árboles con altas tasas de crecimiento en diámetro del tronco y en altura.
- v. Madera de densidad media, permitiendo la extracción de muestras por método no destructivo

- vi. Disponibilidad de información sobre la edad y tasa de crecimiento, por la marcación del cambium, uso de bandas (Fajas) dendrométricas y medición de la largura de los anillos anuales de crecimiento.
- vii. Extensa bibliografía sobre taxonomía, dendrología, botánica, florística, fitosociología, silvicultura, propiedades de la madera, entre otros.

2.4.2. Condiciones para aplicar la dendrocronología

La dendrocronología es posible al hecho a que muchos árboles forman anillos anuales visibles en la sección transversal del tronco exhibiendo patrones característicos. Cuatro condiciones son necesarias para que estos patrones usados en el fechado de especies (Stokes y Smiley, 1968, citado por CAMPOS *et al.*, 2008).

Primera condición; Los árboles muestreados deben agregar un anillo por cada estación de crecimiento, es decir, deben tener crecimiento anual.

Segunda condición; El crecimiento total de una especie durante una estación es el resultado de muchos factores que interactúan tales genéticos y ambientales. Es así como en la Amazonia Peruano-Brasilera, el factor limitante de crecimiento más predominante viene a ser la precipitación.

Tercera condición; El factor climático limitante del crecimiento anual debe variar en intensidad de año a año, el anillo formado debe reflejar fielmente tal variación en su ancho. A pesar que el ancho del anillo no sea necesariamente, directamente proporcional a la precipitación, los anillos deben ser finos en años de sequía y evidentemente anchos en un año lluvioso.

Cuarta condición; La variable ambiental y factor limitante del crecimiento, debe ser uniformemente efectivo sobre un área geográfica grande.

2.5. Antecedentes de la investigación

La potencialidad de especies para estudios dendrocronológicos reúne importantes y fundamentales características tales como una estructura anatómica caracterizada por la nitidez y delimitación de los anillos de crecimiento por lo que al respecto se han realizado trabajos en relación al tema de estudio en los bosques tropicales de Sudamérica.

BGAZO y ARÓSTEGUI (1985) estudiaron la estructura anatómica de 20 especies forestales en Iquitos, resultando que 12 especies pueden ser identificadas por sus características macroscópicas y 8 por las microscópicas. De esta última en su mayoría las especies poseen poros solitarios, fibras medianas y vasos de longitud mediana. El 75% de las especies en estudio presentaron anillos de crecimiento diferenciados.

CARITAT *et al.* (1992) indica en un estudio de la especie alcornoque que sus anillos de crecimiento son poco claros; el grosor medio de los anillos de crecimiento es de unos 2 mm; además la abundancia de radios medulares pluriseriados contribuye a desdibujar estos límites.

Asimismo GENÉ *et al.* (1992) estudiaron la identificación de los anillos de crecimiento de *Quercus ilex L.* "encina", las muestras recolectadas fueron extraídas con motosierra y barreno de Pressler, extrayendo discos (5cm de espesor) y tarugos (12 mm de espesor) a la altura de la base el árbol de 15-20 cm y de 50 cm respectivamente.

Los resultados obtenidos indicaron que cada anillo se distingue del siguiente por el notable aumento del cambio de tamaño de los vasos conductores, sin embargo la presencia de un gran número de radios medulares uniseriados y pluriseriados dificulta considerablemente la identificación de los límites de los anillos de crecimiento. Además se encontraron problemas con muestras correspondientes a árboles muy viejos con alteraciones en las zonas centrales del tronco (pudrición) dificultando la visualización del anillo.

GIMÉNEZ *et al.* (1998) logró caracterizar el leño y el patrón de crecimiento de *Prosopis alba G.* "algarrobo blanco" en la provincia de Santiago del Estero – Argentina, y reporta que presenta anillos de crecimiento demarcados por una banda de parénquima terminal, el espesor medio de anillos de crecimiento fue de 4.05 mm, con un máximo entre 29 y 32 años. Es de indicar que el espesor de la albura disminuye con la edad y la altura.

GIMÉNES y RÍOS (1999) determinó el patrón de crecimiento en *Schinopsis quebracho* B., indicando que sus anillos de crecimiento son medianamente demarcados con un espesor medio de 2.19 mm. El espesor de anillos varía significativamente con respecto a la edad

TOMAZELLO *et al.* (2000) en su estudio de potencialidad de la familia Meliaceae para dendrocronología en regiones tropicales y subtropicales, y determinaron que los géneros *Cedrela*, *Swietenia* y *Toona* reúnen importantes y fundamentales características para su aplicación en dendrocronología como madera con estructura anatómica característica, marcación de anillos de crecimiento es nítida, árboles con altas tasas de crecimiento en diámetro y altura; y madera con densidad media que permite retirar muestras por métodos no destructivos.

VILLAGRA *et al.* (2001) analizaron las características anatómicas del leño *Prosopis flexuosa* y *Prosopis ferox* mostrando que la presencia de los anillos de crecimiento son bien definidos por una banda de parénquima terminal, presenta porosidad semicircular; determinaron que la actividad cambial corresponde a un anillo anual (periodicidad anual) formado durante la estación de crecimiento. La comparación de los registros climáticos, la fuerte relación con variables climáticas y la periodicidad anual hacen que *Prosopis flexuosa* y *Prosopis ferox* sean potenciales para estudios dendroclimatológicos y dendroecológicos siendo este último importante para determinar tasas de crecimiento y su relación con factores ecológicos.

LÓPEZ *et al.* (2002) analizaron los anillos de crecimiento de siete especies en un bosque tropical húmedo en Santa Cruz – Bolivia, determinando que *Albizia niopoides*, *Ampelocera ruizii*, *Centrolobium microchaete*, *Ficus boliviana* y *Pseudolmedia laevis* tiene anillos de crecimiento delimitados por una banda fina de parénquima terminal, formado al final del periodo de crecimiento (leño tardío); *Cariniana ianeirensis*, *Hura crepitans* y *Pouteria nemorosa*, tienen los anillos marcados por una evidente presencia de una banda de fibras con paredes radialmente aplastadas, en general estas bandas poseen un color oscuro en el leño.

Además *Centrolobium microchaete* presenta un alto índice de correlación entre el ancho de sus anillos de crecimiento en radios del mismo árbol y entre diferentes árboles. Por lo tanto esta especie tendría un alto potencial para realizar estudios dendrocronológicos, mediante el uso de árboles más longevos, generalmente sanos ya que parecería ser muy susceptible a todo tipo de daños.

BRIENEN y ZUIDEMA (2003) proporciona una revisión de 32 especies maderables potenciales para la aplicación de análisis de anillos de crecimiento. De los cuales 18 especies maderables presentaron potencial de nivel “bien”, 12 con nivel de “dificultad” y 2 especies con nivel de “no posible”. En las cuales se concluye cuáles son las especies con aptitud para estudios dendrocronológicos.

Además las características anatómicas reportadas fueron, anillos con bandas de parénquima terminal; anillos con bandas de parénquima alternadas; anillos con formación de leño tardío y leño temprano; y anillos con diferentes distribuciones de vasos. Entre las dificultades observadas fueron anillos falsos, anillos que se juntan, bordes de anillos difíciles de distinguir, centro de la madera difícil de distinguir el anillo, bordes de anillos muy delgados.

TOMAZELLO *et al.* (2004) en el estudio de las características anatómicas de las zonas de incremento del leño de 41 especies arbóreas del estado de São Paulo – Brasil, se obtuvo que 9 especies mostraron zonas de incremento distintivas y diferenciadas; comprendiendo fibras radialmente comprimidas de pared gruesa y lúmenes delgados al final del leño tardío.

ARGOLLO *et al.* (2004) en el estudio de potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los andes centrales de Bolivia, se caracterizó los anillos de crecimiento de esta especie el cual presenta anillos de crecimiento distinguibles en superficies correctamente pulidas; el límite de crecimiento de los anillos está definido por un arreglo de elementos leñosos, caracterizado por la presencia de vasos más abundantes y de mayor diámetro al inicio de la madera temprana y con una banda de fibras leñosas con paredes celulares más engrosadas al final del anillo correspondiente a la madera tardía. En general los vasos son de diámetro pequeño distribuidos en un patrón semicircular.

Además se relacionó la data de anillos de crecimiento de *Polylepis tarapacana* frente a factores climáticos como la precipitación y temperatura, para determinar el potencial en estudios de dendroclimatología.

AGUILAR y BARAJAS (2005) estudiaron 29 especies arbóreas de la región de Ocuilan – México. Resultando que 38 % de las especies muestran anillos de crecimiento, los cuales se definen generalmente por presencia de hileras continuas de fibras con las paredes gruesas y lúmenes más pequeños en la madera tardía, mientras que el 62 % restante no muestran anillos de crecimiento evidentes. Este último parece congruente con la homogeneidad climática presente en el área. En conclusión el origen fitogeográfico de las especies estudiadas muestra una fuerte relación con la presencia y ausencia de los anillos de crecimiento.

ROIG *et al.* (2005) estudiaron las características anatómicas de los anillos de crecimiento de 52 especies del bosque semi-tropical de la península de Yucatán, México. La mayoría de estas especies están delimitadas por bandas de parénquima marginal representando el 51 % de las especies, 11 % están delimitados por diferencia de diámetro entre vasos de madera temprana y madera tardía; y 25 % están delimitados por diferencias en las fibras de paredes gruesas y radialmente aplastadas, en madera tardía y de paredes delgadas en fibras de madera temprana, y el 13 % restante representan la combinación de ambas características.

LÓPEZ *et al.* (2006) en el estudio de anillos de crecimiento y su periodicidad en tres especies tropicales del estado de Colima – México. Reportaron que los anillos de crecimiento delimitados por fibras aplanadas con paredes gruesas en madera tardía para *Bursera simaruba* (L.) Sarg, por fibras aplanadas con paredes gruesas y mayor densidad de vasos con diámetros pequeños en madera tardía para *Tabebuia donnell-smithii* y mayor número de vasos en madera tardía para *Cordia elaeagnoides*. Es de indicar que los anillos fueron periódicos y anuales en las tres especies, estando determinados por diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

CAMPOS *et al.* (2008) caracterizaron anatómicamente los anillos de crecimiento de 26 especies provenientes de la Amazonía peruana – brasilera, siendo 24 especies del estado de Acre – Brasil y 2 del departamento de Loreto – Perú, las muestras se obtuvieron por el método no destructivo con el barreno de Pressler.

Dando como resultado que 8 especies estudiadas mostraron gran potencial para estudios dendrocronológicos destacándose las especies de la familia Meliaceae y Fabáceae; ya que presentaron anillos distintivos, porosidad difusa, en su mayoría con grosor de pared de fina a gruesa y parénquima marginal.

Además determinaron que el 35 % tienen potencial para estudios posteriores siendo necesario el uso de técnicas complementarias como por

ejemplo el uso de densitometría de rayos X, para determinar el límite de los anillos de crecimiento.

Asimismo 9 especies presentan dificultad para estudios dendrocronológico ya que existe la presencia de anillos discontinuos, anillos falsos y presencia de parénquima en banda que dificulta el límite del anillo de crecimiento.

CHAVESTA *et al.* (2011) caracterizaron los anillos de crecimiento de la especie *Juglans neotropica* D. "nogal" para estudios dendrocronológicos en el fundo la Génova – Junín.

Los resultados obtenidos de la especie estudiada presentan una secuencia que marca su inicio con poros grandes finalizando en la concentración de bandas delgadas de parénquima tanto en duramen como en albura. Existe una gran variabilidad en la secuencia y ancho de los anillos debido a las condiciones naturales de crecimiento. En conclusión debido a su caracterización y densidad de la madera que permite el uso de métodos no destructivos presenta gran potencial para futuros estudios dendrocronológicos.

BELTRÁN y VALENCIA (2012) estudiaron la anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en las provincias de Satipo y Chanchamayo en la selva central del Perú; consideraron las Normas Técnicas Peruanas (NTP) 251-008, las normas COPANT 30: 1 – 019 y lo enmarcado en la Lista Estándar de la IAWA (1989).

Las características que utilizaron para determinar la potencialidad dendrocronológica de las especies fueron la distinción de los anillos de crecimiento, tipo de porosidad, transición de zonas fibrosas y traqueadas, disposición de parénquima.

Asimismo los resultados obtenidos fueron que 24 especies (30 %) presentan buen potencial para estudios dendrocronológicos puesto que presenta anillos distintivos, porosidad difusa, la transición en las zonas fibrosas es abrupta y parénquima marginal. Además entre los problemas encontrados se destaca los anillos con dificultad para ser visualizados, la presencia de anillos irregulares y la presencia de parénquima en bandas.

Las características microscópicas, muestran que la variación significativa en dimensiones de fibras y vasos entre zonas de crecimiento (madera temprana y madera tardía), de las especies potenciales para dendrocronología, tienen una producción de células en forma periódica, lo que podría sugerir la formación anual de cada anillo.

2.6. Características generales de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don

2.6.1. Descripción taxonómica

Según Cronquist (1981), citado por REYNEL *et al.* (2003) proporciona la clasificación siguiente:

División	: MAGNOLIOPHYTA
Clase	: MAGNOLIOPSIDA
Subclase	: ASTERIDAE

Orden	: SCROPHULARIALES
Familia	: BIGNONIACEAE
Género	: <i>Jacaranda</i>
Especie	: <i>copaia</i>
Nombre científico	: <i>Jacaranda copaia</i> (Aublet) D. Don

2.6.2. Descripción dendrológica

REYNEL *et al.* (2003) indica que es un árbol de 25 – 90 cm de diámetro y 12 – 30 m de alto, con la ramificación u hojas en el último tercio, el fuste cilíndrico y esbelto, la base del fuste recta. La copa formada por pocas ramas casi verticales, coronada por un penacho de hojas grandes, compuestas. La corteza superficial del tronco es rugosa, de color gris claro.

Hojas compuestas bipinnadas opuestas; inflorescencia en panículas terminales multifloras. Flores campanuladas, vistosas, hermafroditas, con cáliz y corola presentes. Frutos capsulas oblongoides aplanadas de 2 – 12 cm de longitud y 3 – 6 cm de ancho, con la superficie lenticelada, semillas numerosas, aladas y membranosas.

2.6.3. Características de la madera

WWF (2004) menciona que el color del tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color marrón muy pálido y las capas internas (duramen) de color similar a la albura. En madera seca, la albura se toma a color blanco rosáceo, el duramen a marrón pálido. Además no

es distintivo el olor, el brillo es moderado, presenta grano recto, textura media y el veteado está definido por líneas vasculares.

2.6.4. Características anatómicas

Presenta anillos de crecimiento diferenciado por bandas oscuras de forma regular. Los poros son visibles a simple vista, solitarios de forma redonda, porosidad difusa, de 1 – 5 poros/mm². Vasos de diámetro tangencial grande que varía de 118 a 273 μm y la longitud entre 345 y 614 μm .

El parénquima visible a simple vista, asociado a los poros, paratraqueal aliforme y aliforme confluyente escaso.

Los radios ligeramente visibles a simple vista, con 1 a 4/mm, no estratificados. Homogéneos finos biseriados, no estratificados. Altura entre 237 y 921 μm .

Las fibras son libriformes no estratificadas. El diámetro total de 28 μm , el grosor de la pared celular μm y la longitud varía entre 912 y 1497 μm .

2.7. Características generales de *Senefeldera inclinata* P. Franco

2.7.1. Descripción taxonómica

Según REYNEL *et al.* (2003) proporciona la clasificación siguiente:

División : MAGNOLIOPHYTA

Clase : MAGNOLIOPSIDA

Orden : MALPIGHIALES

Familia : EUPHORBIACEAE

Género : *Senefeldera*

Especie : *inclinata*

Nombre científico : *Senefeldera inclinata* P. Franco

2.7.2. Descripción dendrología

REYNEL *et al.* (2003) describe botánicamente a *Senefeldera inclinata* P. Franco como una especie que presenta hojas simples, generalmente alternas a menudo estipuladas. Flores pequeñas, con tendencia a la reducción en el número de piezas, unisexuales, actinomorfas, las más primitivas con cáliz y corola, el resto, monoclamídeas o aclamídeas, estambres en número variable, muchas veces reducido a 1, a veces estambres ramificados con un número variable de anteras (hasta 9); gineceo supero, pluricarpelar en las especies primitivas, tricarpelar, e incluso, monocarpelar en las más modernas; los estilos pueden ser ramificados.

Inflorescencia compleja de tipo cimoso; presenta frutos normalmente capsulares, dorsicidas o loculicidas, cuyos carpelos se separan en la madurez, tricocos, la reticulación de la testa de la semilla es un carácter sistemático.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características generales del área de estudio

3.1.1. Ubicación política

La colección de muestras de las especies forestales *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco, del presente trabajo de investigación se desarrolló en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), ubicado en la margen derecha del río Huallaga. Políticamente se encuentra ubicado en la ciudad de Tingo María del distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

Los árboles seleccionados de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva se ubican geográficamente en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Coordenadas UTM de ubicación de los árboles de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco (Datum WGS 84, Huso 18 Sur).

Especies	Árbol	Coordenadas UTM		Altitud
		Este	Norte	
<i>Jacaranda copaia</i> (Aublet) D. Don.	1	390965	8970573	701
	2	390916	8970607	703
<i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco	1	391112	8970449	718
	2	391083	8970435	721

3.1.3. Clima y ecología

Las condiciones climáticas que presenta son: temperatura máxima de 29,4 °C, mínima de 19,2 °C y la media de 24,3 °C; precipitación promedio anual de 3300 mm, humedad relativa de 87 % y altitud de 660 m.s.n.m.

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE, el distrito de Rupa Rupa se encuentra ubicado en la formación vegetal bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh - PST) y de acuerdo al Mapa Ecológico del Perú ONERN (1976), corresponde a la formación vegetal de bosque muy húmedo sub-tropical (bmh – ST).

3.1.4. Hidrografía y fisiografía

El BRUNAS presenta una hidrografía compleja con presencia de quebradas que recorren toda el área y que desembocan al río Huallaga. La fisiografía está conformada por sistema de lomadas y colinas; de relieves ondulados quebradizos con diferentes grados de dirección y pendiente.

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales, equipos e instrumentos de campo

- GPS map62s marca GARMIN.
- Motosierra marca Sthil 070.
- 01 cinta métrica 50 metros marca Forestry Suppliers Inc.
- 01 Cámara digital marca OLYMPUS.
- 01 Libreta de campo.
- Útiles de escritorio en general.

3.2.2. Materiales de laboratorio

- Lijas (30, 40, 60, 80, 100, 120, 150, 220, 360, 600, 800, 1200, 1500).
- Bisturí.
- Pírex.
- Placas Petri.
- Vasos de precipitación.
- Porta y cubre objetos.
- Pinceles.
- Probetas de 100 y 500 ml.
- Pinzas.
- Punzón.

3.2.3. Equipos para la preparación de las muestras

- Sierra circular modelo hechizo.
- Garlopa eléctrica.
- Cepilladora eléctrica.

3.2.4. Equipos para el estudio anatómico

- Micrótopo de deslizamiento horizontal.
- Microscopio trinocular con cámara fotográfica incluida, accesorios y software.
- Estufa.
- Lupa de 10x.
- Máquina lijadora y pulidora.

3.2.5. Reactivos y soluciones químicas

- Solución de alcohol de 30°, 60° y 90°.
- Solución de glicerina y alcohol en partes iguales.
- Solución de safranina al 1% en alcohol de 95 %.
- Solución de ácido acético.
- Solución de hidróxido de sodio al 5 %.
- Bálsamo de Canadá.

3.3. Metodología

La presente investigación es de tipo descriptivo de enfoque cualitativo porque los datos (presencia de anillos de crecimiento, distinción, porosidad y presencia de parénquima) son producto de las observaciones a través de equipos dendrocronológicos. Asimismo, su diseño corresponde al tipo no experimental ya que se realiza sin manipular las variables en estudio, solo se observan situaciones ya existentes. Por otro lado, el estudio está basado por las normas técnicas:

- NTP (Normas Técnicas Peruanas) N° 251 – 008, para la selección y colección de muestras
- COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) N° 30: 1 – 019, para la descripción macroscópica de las muestras.
- IAWA (1989) (International Association of Wood Anatomists) para la descripción microscópica de los anillos de crecimiento.

Es de indicar que para determinar la aptitud dendrocronológica de los anillos de crecimiento de las especies estudiadas se tomó como referencia las investigaciones realizadas por CAMPOS *et al.* (2008) y BELTRAN y VALENCIA (2012).

A continuación se describe cada una de las etapas que se empleó para el presente estudio:

3.3.1. Fase de campo

i. Ubicación y selección de árboles

Se realizó un recorrido por el área del BRUNAS, progresivamente se seleccionaron 2 árboles por especie los cuales fueron los más representativos del lugar, teniendo en cuenta el estado sanitario, la abundancia, forma y diámetro del fuste (Anexo 2 Cuadro 10) basándose en las NTP N° 251 - 008.

ii. Colección de las muestras

Se cortó 4 rodajas (3 rodajas de ancho de 5 cm y 1 troza de 50 cm de longitud) por árbol de la parte basal enmarcándose a lo realizado por GENÉ *et al.* (1993) cortando el árbol a 30 cm del suelo con la finalidad de conseguir la mayor cantidad de anillos de crecimiento; de las tres rodajas extraídas (5 cm de ancho) se seleccionó la mejor y con la troza de 50 cm se elaboró la xiloteca.

Asimismo se tomaron las características dasométricas de los árboles seleccionados; las muestras botánicas fueron identificadas por el Herbario Forestal de la UNAS:

Una vez obtenidas las muestras se procedió a codificarlas, indicando el lugar de procedencia, especie y número de rodaja. Por ejemplo (BJc- 1 = BRUNAS, *Jacaranda copaia*, troza 1).

3.3.2. Fase de laboratorio

La descripción detallada de las características de anillos de crecimiento, macroscópica y microscópica fue desarrollada en el laboratorio de Tecnología de la Madera e Industrias Forestales de la Universidad Nacional del Centro del Perú en la ciudad de Huancayo y se siguió los siguientes pasos:

3.3.2.1. Caracterización de los anillos de crecimiento

Para la caracterización de las especies se utilizó las singularidades propias de cada una como distinción de los anillos de crecimiento, tipo de porosidad, transición de zonas fibrosas dentro del anillo, distribución del parénquima dentro del anillo de crecimiento, uniformidad celular del anillo.

3.3.2.2. Preparación de las láminas histológicas

Se empleó dos cubos por rodaja (árbol) de 2 x 2 x 2 cm, se colocó en un vaso de 50 ml para luego añadir agua destilada.

El ablandamiento se realizó mediante baño María, hasta que las muestras se precipiten, luego se colocó en una solución de glicerina al 70 % y alcohol al 30 % para la conservación de la muestras. Es de indicar que para la especie *Senefeldera inclinata* P. Franco el ablandamiento se realizó con hidróxido de sodio al 5 % por un periodo de 20 minutos.

El corte de las láminas se realizó con un micrótopo de deslizamiento horizontal, de los cuales se consiguió muestras de 20 a 30 micras de espesor.

Las láminas fueron colocadas en placas Petri con Safranina al 1 %, posteriormente se realizó la deshidratación en solución de series alcohólicas al 30 %, 60 % y 90 % en pequeños lapsos de tiempo.

Para el montaje se colocó las muestras en un portaobjetos en orden transversal, radial y tangencial, luego se agregó una gota de bálsamo de Canadá para posteriormente colocar el cubre objetos y etiquetarlas.

3.3.2.3. Preparación del tejido macerado

Se preparó astillas de madera, luego se colocó en un vaso de 50 ml y se agregó una solución de ácido acético hasta cubrir por completo las astillas, se llevó a la estufa a temperatura de 75 °C alrededor de 1 hora; hasta que las muestras perdieron el color característico y cambiaron a un color blanquecino, con el fin de disgregar las células presentes en la madera.

Finalizado la cocción se lavó aproximadamente cinco veces con agua destilada se agregó cinco gotas de safranina para su coloreado, luego se separaron las fibras y los vasos, y fueron colocados en un porta objetos agregando una gota de bálsamo de Canadá para el sellado y etiquetado.

3.3.2.4. Descripción macroscópica

Para describir las características macroscópicas se utilizó una lupa de 10X, en base a la norma COPANT N° 30: 1 – 019; se empleó para esta actividad rodajas de 5 cm de espesor y xilotecas (2 x 10 x 15 cm) orientadas adecuadamente para describir los anillos de crecimiento, tipo de delimitación, tipo de porosidad, parénquima, presencia de madera temprana y tardía. Asimismo se describieron las características organolépticas como son: color, olor, sabor, textura, grano, brillo y veteado.

Es de indicar que para observar y describir la existencia de anillos de crecimiento, las muestras fueron pulidas con lijas de diferente granulometría.

3.3.2.5. Descripción microscópica

Se utilizaron muestras laminadas obtenidas por el micrótopo de desplazamiento horizontal, debidamente orientadas y dimensionadas.

Se empleó un analizador de imágenes Leica de Application suite EZ, adaptada a una cámara fotográfica y a un microscopio trinocular; con el fin de efectuar las observaciones y mediciones de las especies en estudio respectivamente.

Asimismo, se realizó mediciones de diámetro tangencial de poros, número de poros por mm²; y se describió las fibras de madera temprana y tardía.

3.3.2.6. Determinación de la aptitud dendrocronológica de las especies

Para determinar las especies con aptitud dendrocronológica se utilizó la numeración del 1 – 3 siendo para 1 buena potencialidad, 2 regular potencialidad y 3 mala potencialidad según las características propias de la especie; además basado en los estudios de CAMPOS *et al.* (2008) y BELTRAN y VALENCIA (2012) se valoró numéricamente las características anatómicas de los anillos de crecimiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valoración de las características anatómicas de los anillos de crecimiento

Distinción (D)	Porosidad (P)	Uniformidad Circular del Anillo (UC)	Transición de zonas fibrosas/traqueidas (TF)	Parénquima marginal (PM)	Delimitación
Distinto = A	Anillo poroso = 1	Regular = 1	Abrupta = 1	Continuo = 1	Descripción del tipo de delimitación que tiene el anillo de crecimiento.
Poco distinto = B	Anillo semiporoso = 2	Poco regular = 2	Gradual = 2	Discontinuo = 2	
Indistinto = C	Poros difusos = 3	Irregular = 3	Ausente = 3	Ausente = 3	

Fuente: CAMPOS *et al.* (2008), BELTRAN y VALENCIA (2012).

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización general de anillos de crecimiento

Se caracterizó los anillos de crecimiento de las especies forestales *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco, procedentes del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Caracterización general de anillos de crecimiento

Especies	Caracterización de anillos de crecimiento
<i>Jacaranda copaia</i> (Aublet) D. Don	Presenta anillos regulares, promedio de 6 anillos en 2,5 cm, diferencia entre madera temprana y tardía, distinto a simple vista, porosidad difusa, delimitados por fibras en el límite del anillo dando una coloración oscura. Dificultades presencia de anillos localmente discontinuos.
<i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco	Anillo de crecimiento regulares (completos), promedio de 5 anillos en 2,5 cm, diferencia entre madera temprana y madera tardía, distinto, presenta porosidad difusa, demarcados por una banda de fibras aplanadas radialmente en madera tardía. Dificultades presencia de anillos falsos, discontinuos y paquetes de parénquima.

4.2. Caracterización anatómica

Este rubro comprende la descripción detallada de las características de anillos de crecimiento, macroscópica y microscópica se complementan con fotografías y microfotografías de las estructuras de las especies maderables estudiadas.

4.4.1. Descripción de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don

Nombre científico : *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don

Nombre común : Huamanzamana

Familia : BIGNONIACEAE

4.4.1.1. Caracterización de anillos de crecimiento

La estructura de los anillos de crecimiento de los árboles de la especie *J. copaia*, vistas y analizadas en la sección transversal, se caracterizan por presentar madera temprana (zona más clara) y madera tardía (zona más oscura) bien diferenciadas o distintas, permitiendo una fácil identificación tanto macroscópica como microscópica, con un promedio de 6 anillos/2,5 cm de radio (rango de 2 a 10). Presenta porosidad difusa donde los vasos se encuentran distribuidos aleatoriamente y no tienden a modificar su diámetro a lo largo del anillo de crecimiento. Está constituida por fibras de paredes gruesas y lumen estrecho en madera tardía y fibras de paredes delgadas y lumen amplio en madera temprana.

Asimismo se encuentran demarcados por una banda de fibras aplanadas radialmente perteneciente a madera tardía y dando una coloración

más oscura con una menor frecuencia de vasos. Entre las dificultades encontradas es la presencia de anillos localmente ausentes.

4.4.1.2. Características macroscópicas

En condiciones seca al aire, la albura y duramen es de color marrón muy claro (madera no diferenciada); olor no específico, sabor no distintivo, textura media a gruesa, superficie sin particular normal, vetado definido por líneas vasculares, brillo elevado y grano recto.

Anillos de crecimiento distintos, determinadas por zonas fibrosas aplanadas radialmente más oscuras. Poros visibles a simple vista, de forma ovalada, predominantemente solitarios, distribuidos de forma difusa. Parénquima paratraqueal visible a simple vista y lupa 10X predominantemente aliforme. Radios finos no visibles en la sección transversal, no estratificados.

4.4.1.3. Características microscópicas

Poros/elementos vasculares difusos, de forma ovalada, disposición de vasos en modelo radial, predominantemente solitarios. Diámetro tangencial de poros $89,06 \mu$ ($271,04 \mu$) $464,6 \mu$ clasificado como grandes, en promedio de 2-4 poros/mm², longitud de elemento vascular $252,58 \mu$ ($464,71 \mu$) $817,19 \mu$ clasificado como medianos. Platina de perforación simple, puntuaciones intervasculares alternas. **Parénquima** axial paratraqueal aliforme extendido. **Radios** no estratificados, multiseriados de 1 a 3 células. **Fibras** no septadas, longitud de $473,41 \mu$ ($991,11 \mu$) $1412,95 \mu$ clasificadas como medianas. Asimismo no presenta contenidos de tilides ni extraíbles.

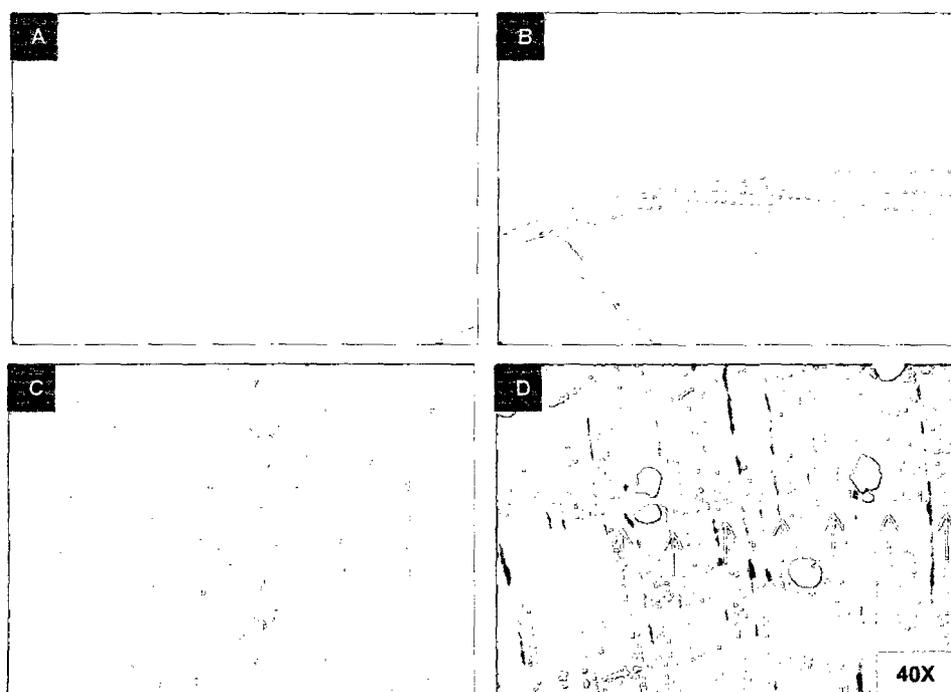


Figura 1. Características de anillos de crecimiento en sección transversal de *Jacaranda copaia* (Aublet) D Don. **A:** distribución de anillos de crecimiento. **B:** presencia de anillos falsos. **C:** anillos de crecimiento y parénquima paratraqueal aliforme. **D:** imagen microscópica delimitación de anillo de crecimiento.

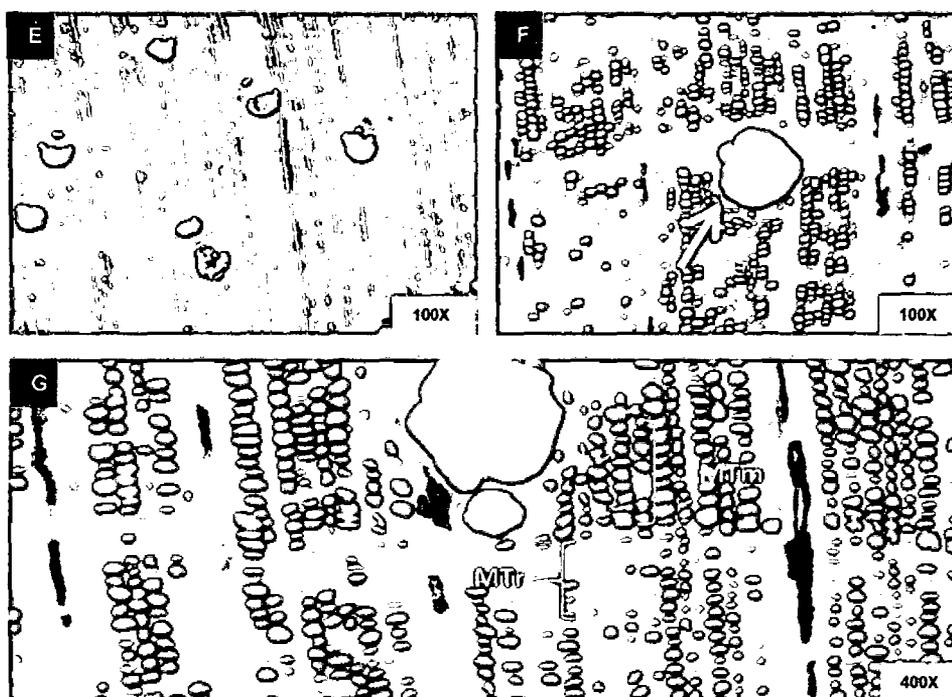


Figura 2. Vistas microscópicas de sección transversal de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don E: distribución de vasos. F: parénquima paratraqueal aliforme. G: delimitación de anillo de crecimiento, fibras correspondientes a madera temprana y madera tardía.

4.4.2. Descripción de *Senefeldera inclinata* P. Franco

Nombre científico : *Senefeldera inclinata* P. Franco

Nombre común : Huangana caspi

Familia : EUPHORBIACEAE

4.4.2.1. Caracterización de los anillos de crecimiento

La estructura de los anillos de crecimiento del leño de los árboles de *S. inclinata*, vistas y analizadas en la sección transversal, se caracterizan por presentar un leño inicial – temprano (zona más clara) y un leño tardío (zona más oscura) bien diferenciados o distintos, producto de esto, se tiene una fácil

identificación macroscópica y microscópica, promedio de 5 anillos/2,5 cm de radio (rango 3 a 7). Presenta porosidad difusa no visible a simple vista (difícilmente con lupa 10x), los vasos se encuentran distribuidos de forma randomizada y no tiende a modificar su tamaño. Está constituido por fibras de paredes gruesas y lumen estrecho en madera tardía y fibras de paredes delgadas y lumen amplio en madera temprana.

De igual manera se encuentran demarcados por una banda de fibras aplanadas radialmente perteneciente a madera tardía y dando una coloración más oscura con una menor frecuencia de vasos. Entre las dificultades encontradas es la presencia de anillos falsos y aparente exudado de color negro.

4.4.2.2. Características macroscópicas

En condición verde y seca al aire, la albura y duramen es de color amarillo, es de indicar que la madera aparentemente presenta exudado en ciertas partes de la madera de coloración negra, madera no diferenciada, olor no específico, sabor no distintivo, textura fina, veteado en arcos superpuestos, brillo medio y grano recto, es de indicar que presenta resistencia dura al corte.

La madera de *S. inclinata* presenta anillos de crecimiento claramente distinguibles en superficies correctamente pulidas, determinadas por zonas fibrosas aplanadas radialmente más oscuras. Poros no visibles a simple vista, de forma ovalada, predominantemente múltiples, ocurriendo también solitarios, distribuidos de forma difusa. Parénquima axial no visible a

simple vista, predominantemente vasicéntrico. Radios visibles con lupa 10x en la sección transversal, no estratificados.

4.4.2.3. Características microscópicas

Poros/elementos vasculares difusos, de forma oval a circular, disposición de vasos en modelo radial, predominantemente múltiples. Diámetro tangencial de poros 63,26 μ (99,32 μ) 140,14 μ clasificado como pequeños, en promedio de 11-13 poros/mm², longitud de elemento vascular 458,23 μ (684,98 μ) 1080,21 μ clasificado como medianos. Platina de perforación simple, puntuaciones intervasculares alternas. **Parénquima** axial paratraqueal vasicéntrico. **Radios** no estratificados, exclusivamente uniseriados. **Fibras** no septadas, longitud de 708,31 μ (1002,09 μ) 1473,99 μ clasificadas como medianas. Asimismo presenta tilides.

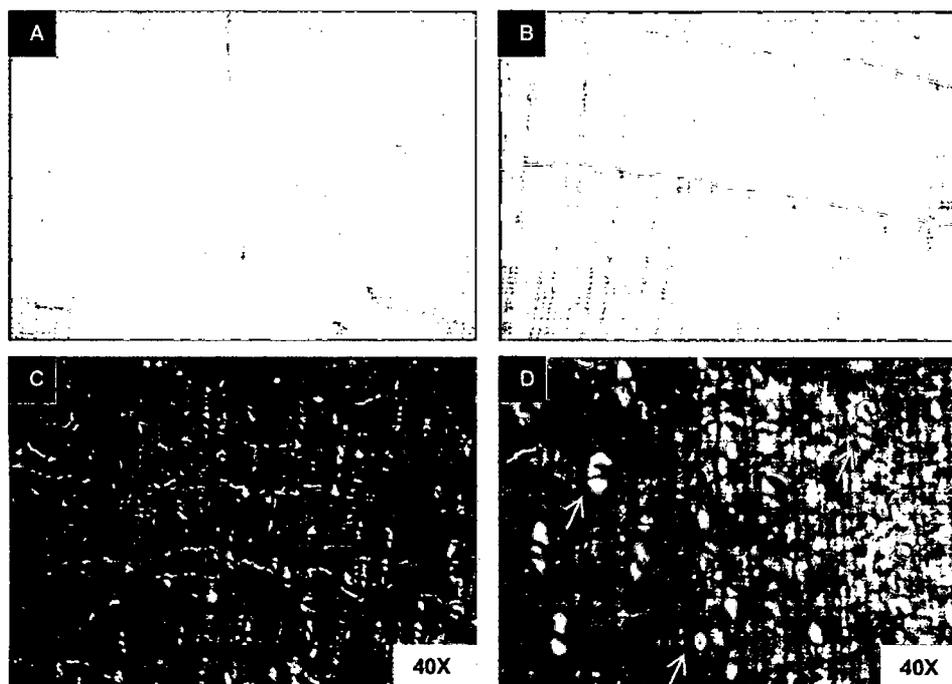


Figura 3. Características de anillos de crecimiento en corte transversal de *Senefeldera inclinata* P. Franco A – B: Vista macroscópica

de delimitación de anillos de crecimiento. C - D: vista microscópica de un anillo de crecimiento y distribución de vasos.

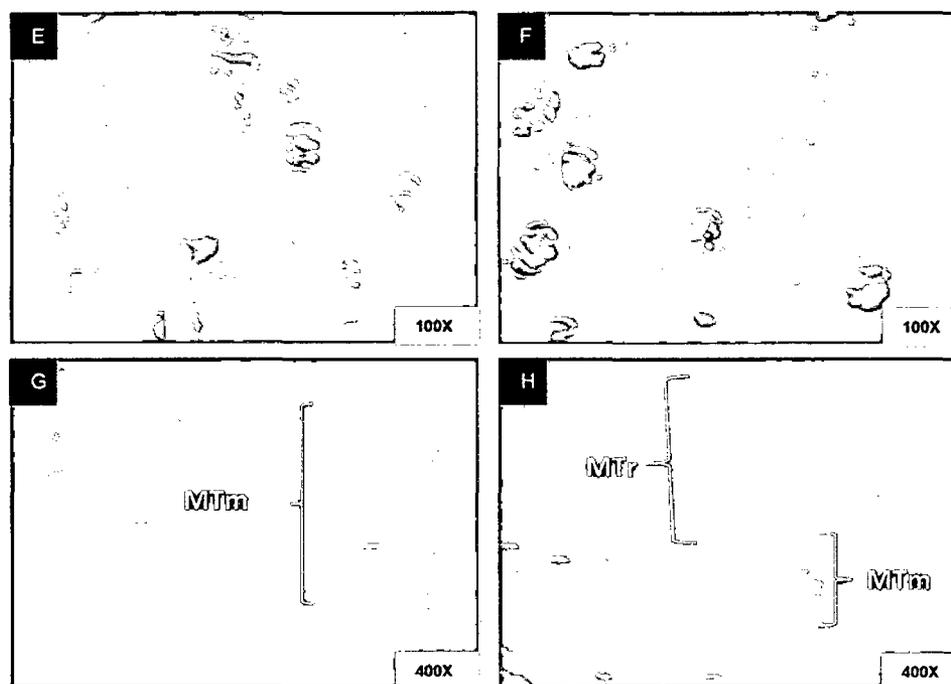


Figura 4. Vista microscópica de sección transversal de *Senefeldera inclinata* P. Franco E – F: distribución de los vasos en el límite del anillo de crecimiento. G: células de madera temprana. H: delimitación de anillo de crecimiento por presencia de leño temprano y leño tardío.

4.3. Aptitud dendrocronológica

La aptitud dendrocronológica y los valores que la determinan en las especies forestales *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco, se presentan en el Cuadro 4 y 5.

Cuadro 4. Valores que determinan aptitud dendrocronológica

	Distinción (D)	Porosidad (P)	Uniformidad Circular del Anillo (UC)	Transición de Zonas Fibrosas/Traqueidas (TF)	Parénquima Marginal (PM)
<i>Jacaranda</i>					
<i>copaia</i> (Aublet) D. Don.	Distinto	Difusa	Poco Regular	Abrupta	Ausente
<i>Senefeldera</i>					
<i>inclinata</i> Franco	P. Distinto	Difusa	Poco Regular	Gradual	Ausente

Cuadro 5. Ponderación de las características de los anillos de crecimiento para determinar la aptitud dendrocronológica

	D	P	UC	TF	PM	Delimitación	Observaciones	Aptitud
<i>Jacaranda copaia</i> (Aublet) D. Don.	A	3	2	1	3	Banda de fibras acortadas radialmente.	Anillos falsos	1
<i>Senefeldera inclinata</i> Franco	A	3	2	2	3	Fibras radialmente aplanadas	Anillos falsos	2

Distinción (D)	Porosidad (P)	Uniformidad Circular del anillo (UC)	Transición de zona fibrosa/traqueidas (TF)	Parénquima marginal (PM)	Aptitud dendrocronológica (AD)
A: Distintivo	1 Anillo poroso	1 Regular	1: Abrupta	1 Continuo	1: Bueno
B: Poco distintivo	2 Anillo semiporoso	2 Poco Regular	2: Gradual	2 Discontinuo	2: Regular
C: Indistinto	3 Poros difusos	3 Irregular	3: Ausente	3 Ausente	3: Malo

V. DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de anillos de crecimiento

Visualización de anillos de crecimiento

Las especies forestales del presente estudio: *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco poseen anillos de crecimiento visibles y diferenciados a simple vista, mostrando diferencia gradual entre madera temprana y madera tardía; lo que coincide con lo reportado por BEGAZO y ARÓSTEGUI (1985) y BELTRAN y VALENCIA (2012) en estudios similares, donde *J. copaia* presentó anillos de crecimiento diferenciados; mientras que BRIENEN y ZUIDEMA (2003) reportó anillos con formación de leño temprano y leño tardío; por otro lado CAMPOS *et al.* (2008) reportó anillos de crecimiento no diferenciados.

Asimismo, TOMAZELLO *et al.* (2004) y BELTRAN y VALENCIA (2012), determinaron la diferenciación entre anillos de crecimiento en *Hura crepitans* y *Hevea brasiliensis* que corresponden a la misma familia de *S. inclinata* (EUPHORBIACEAE).

Además, la diferenciación de anillos de crecimiento determinado en las especies en estudio, se basa con lo mencionado por LEÓN y ESPINOZA (2001), cuando dice que la distinción de un anillo de crecimiento se produce por la diferencia que existe entre la madera formada al inicio del periodo de

crecimiento, llamada madera temprana, siendo de color ligeramente más claro que la producida al final del periodo de crecimiento, llamada madera tardía.

Del mismo modo, el resultado obtenido, concuerda con lo que menciona LEÓN y ESPINOZA (2001), cuando indica que las especies tropicales los anillos de crecimiento que las especies tropicales los anillos de crecimiento no son siempre definidos pero cuando se diferencia corresponden a periodos alternativos de lluvia y sequía. El factor como la sequía, reducen las concentraciones de auxinas y por lo tanto fomentan la producción de células de diámetros pequeños.

Asimismo, en los anillos de crecimiento se han encontrado células de lumen amplio y paredes delgadas que corresponde a madera temprana y a su vez, células de lumen angosto y paredes gruesas en la madera tardía, lo cual concuerda con lo mencionado por GIMÉNEZ *et al.* (2011) cuando dice que la presencia de células de paredes delgadas y lumen amplio, y células de paredes gruesas con menor diámetro de lumen hace posible la diferenciación entre madera temprana y tardía.

A su vez, concuerda con Shepherd, 1964, citado por CHAVESTA *et al.* (2011) cuando menciona que los elementos de mayores diámetros son producidos por el cambium en primavera (leño temprano) y de menor diámetro y paredes más gruesas en invierno (leño tardío); esta actividad anual forma los anillos de crecimiento, y está relacionada con la disponibilidad fotosintética y presencia de auxinas en el árbol, de esto se desprende que de la abundancia

de auxinas dependerá la formación de células con grandes diámetros y desarrollo de paredes celulares.

Porosidad

En relación a la porosidad de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco, éstas presentaron porosidad difusa, cuyo resultados corrobora BEGAZO y ARÓSTEGUI (1985), BELTRAN y VALENCIA (2012) y CAMPOS *et al.* (2008), quienes realizaron estudios similares en Brasil y Perú. No obstante, es preciso indicar que para el caso de *S. inclinata* la comparación de los resultados es a nivel de familia.

Asimismo, esta característica de porosidad difusa es corroborada por el IAWA (1989) y CHAVESTA (2006), quienes reportaron este tipo de porosidad en la extensa mayoría de las especies tropicales. Mientras que, Woodcock *et al.* (2000), citado por AGUILAR Y BARAJAS (2005) señalaron que existe porosidad difusa en áreas que no presentan estacionalidad climática y/o que sean características propias de la especie. Asimismo las condiciones ambientales que presenta la zona de estudio (BRUNAS) serían fundamentales para la presencia de la porosidad difusa, donde el crecimiento está determinado por factores externos, principalmente por la precipitación, siendo de esta de manera continua casi todo el año, con una sola época de lluvias escasas.

Delimitación del anillo de crecimiento

Los anillos de crecimiento de las especies *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don y *Senefeldera inclinata* P. Franco, se encontraron delimitados por una

banda de tejido fibroso acortado radialmente, lo cual hace posible la diferenciación entre madera temprana y madera tardía, característica que coincide con lo reportado por BEGAZO y AROSTEGUI (1985), BRIENEN y ZUIDEMA (2003) y BELTRAN y VALENCIA (2012) en estudios de caracterización de anillos de crecimiento realizados en Brasil y Perú, para el caso de *J. copaia*.

No obstante, en cuanto a *S. inclinata* los únicos reportes en estudios similares son de TOMAZELLO *et al.* (2004) y BELTRAN y VALENCIA (2012) a nivel de la familia EUPHORBIACEAE en las especies *Alchornea sidifolia*, *Hevea brasiliensis* y *Hura crepitans*, presentando fibras de paredes gruesas y radialmente aplanadas (madera tardía).

Asimismo, se ha encontrado células o fibras aplastadas radialmente coincidiendo con LÓPEZ *et al.* (2002) indica que de siete especies investigadas tres presentaron anillos marcados por la presencia de una banda de fibras con paredes radialmente aplanadas. Por otro lado, TOMAZELLO *et al.* (2004) indica en su estudio de caracterización de anillos de crecimiento de 41 especies, de los cuales 9 especies presentaron anillos marcados por fibras radialmente comprimidas de pared gruesa y lumen delgado al final del leño tardío. Además ROIG *et al.* (2005) reportó que de las 52 especies estudiadas el 25% está delimitada por fibras radialmente aplastadas.

En términos generales, cabe resaltar que todos los estudios en mención coinciden con la clasificación realizada por el IAWA (1989).

A su vez, DÍAZ (2003) menciona que el achatamiento de las fibras se presenta en la mayoría de especies latifoliadas, desempeñando un rol importante en la madera, delimitando la zona terminal del anillo generalmente más oscuro.

Observaciones

Las dificultades encontradas en *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don fueron la presencia de anillos discontinuos; en cuanto a *Senefeldera inclinata* P. Franco fue la presencia de anillos falsos, que son menos distintivos y que se forman en ciertas partes de la madera. En este sentido, LÓPEZ *et al.* (2002) reportó que 3 especies presentan anillos falsos. Asimismo, BRIENEN y ZUIDEMA (2003) fueron los primeros en estudiar los anillos de crecimiento en Bolivia, donde encontraron dificultades como anillos falsos, anillos sobrepuestos, anillos que se juntan y anillos con bordes difíciles de distinguir.

De igual manera, GIMÉNEZ *et al.* (2005) menciona que en latifoliadas es común encontrar árboles con falsos anillos de crecimiento y cuya formación puede atribuirse a condiciones extremas como heladas tardías, caída temporaria de hojas, defoliación, estrés hídrico y fluctuaciones climáticas en general. Además BRIENEN y ZUIDEMA (2003) indican que los anillos discontinuos, ocurren principalmente en árboles que presentan copa asimétrica, puesto que algunas regiones del tronco permanecen en dormancia durante una o varias estaciones de crecimiento, provocando discontinuidad en los anillos, cuyas características son similares a las de las especies estudiadas.

5.2. Aptitud dendrocronológica

De acuerdo con el Cuadro 5 los resultados de esta investigación indican que para determinar la aptitud dendrocronológica son considerados los siguientes caracteres: distinción, porosidad, uniformidad circular de anillo, transición de zonas fibrosas y parénquima marginal, encontrando buena aptitud dendrocronológica para *Jacaranda copaia* y regular aptitud para *Senefeldera inclinata*.

Asimismo, la distinción de anillos de crecimiento (D) es el principal factor determinante que nos ayuda a determinar la aptitud de las especies para estudios dendrocronológicos, los cuatro caracteres complementarios no son determinantes para indicar la aptitud dendrocronológica.

Sin embargo, considerando que las especies están delimitadas por fibras radialmente aplanadas, se considera que las características de distinción y delimitación son indispensables para determinar la aptitud dendrocronológica. Por lo tanto, en la investigación realizada por BOTOSSO y PÓVOA (2002) mencionan que 36 especies forestales nativas de Brasil incluída *J. copaia*, son potenciales para estudios dendrocronológicos. Asimismo, BRIENEN y ZUIDEMA (2003) consideró que 15 especies presentan características de distinción de anillos con formación de leño temprano y leño tardío para determinar la potencialidad en estudios de anillos de crecimiento.

No obstante, los resultados obtenidos respecto a la aptitud dendrocronológica de *Jacaranda copaia* no coincide con el estudio realizado

por CAMPOS *et al.* (2008) quien menciona que dicha especie no presenta potencialidad dendrocronológica; sin embargo esta información es descartada en la investigación de BELTRAN y VALENCIA (2012) reportando que esta especie muestra un buen potencial para estudios dendrocronológicos, por poseer anillos de crecimiento distintos (visibles) y transición de zona fibrosa abrupta, de igual manera 12 especies presentaron similares características.

Del mismo modo en relación a las observaciones encontradas en *Senefeldera inclinata* la presencia de anillos falsos, discontinuos junto con la distinción de anillos de crecimiento (D) son los principales indicadores que determinaron que dicha especie presente regular aptitud dendrocronológica, concordando con el estudio de CAMPOS *et al.* (2008) que determinó a cuatro especies la presencia de anillos falsos, por consiguiente presentaron potencialidad para estudios dendrocronológicos con dificultad.

Asimismo, BELTRAN y VALENCIA (2012) reportaron 15 especies con dificultad en la potencialidad dendrocronológica. De igual manera, TOMAZELLO *et al.* (2000) menciona que especies que presentan esta dificultad no son consideradas como “potenciales” para estudios dendrocronológicos debido a la gran dificultad en la identificación del límite exacto del anillo de crecimiento, correspondiendo en este caso a *Senefeldera inclinata*.

Finalmente, ROIG *et al.* (2005) indica que la identificación y correcto marcado del anillo es uno de los principios que la dendrocronología

tiene, pues si esta no se realiza correctamente, los resultados obtenidos en el análisis traerán datos erróneos comprometidos con la integridad de la cronología final (correlaciones negativas y no significativas).

VI. CONCLUSIONES

La estructura anatómica de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don se caracteriza por presentar anillos de crecimiento distinto, regulares, porosidad difusa, transición de zona fibrosa abrupta, y delimitado por células aplanadas radialmente en el leño tardío. Por su parte, la estructura anatómica de los anillos de crecimiento *Senefeldera inclinata* P. Franco se caracteriza estrictamente por ser visibles, porosidad difusa, transición de zona fibrosa gradual, demarcados por banda de fibras aplanadas radialmente y presenta anillos falsos.

La especie forestal *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don presenta anillos de crecimiento distintos, delimitados por células radialmente aplanadas visibles y diferenciados a nivel macroscópico y microscópico, por lo que se define como buena aptitud para estudios dendrocronológicos. Por otro lado, *Senefeldera inclinata* P. Franco presenta anillos de crecimiento distintos y poco distintos, demarcados por células radialmente aplanadas, con dificultades de anillos falsos y discontinuos, siendo clasificado con aptitud dendrocronológica regular.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios dendrocronológicos de la especie *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don aplicados en ecología para determinar turnos biológicos de corta y construcción de curvas de crecimiento; y climatología con el fin de realizar reconstrucciones climáticas en la ciudad de Tingo María.
- Utilizar el método no destructivo (barreno de Pressler) para la recolección de muestra de *Jacaranda copaia* ya que al tener anillos de crecimiento diferenciados hace sencilla la manipulación de las muestras y además no genera un impacto al bosque y asegura la supervivencia de los árboles.
- Realizar estudios complementarios de propiedades físicas y mecánicas, determinación de extraíbles, trabajabilidad, preservación y secado de *Senefeldera inclinata* P. Franco con el fin de optimizar su utilización.
- Realizar estudios dendrocronológicos de *Senefeldera inclinata* P. Franco mediante técnicas de densitometría por rayos X.
- Siendo la dendrocronología una ciencia relativamente nueva, es necesario realizar este tipo de estudios, con más especies tropicales, debido a la gran biodiversidad presente en la cuenca amazónica, y las múltiples aplicaciones que se puede dar mediante el análisis de anillos de crecimiento.

VIII. ABSTRACT

The present research work aimed to characterize the rings of growth of *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don and *Senefeldera inclinata* P. Franco and determine their ability for dendrochronological studies. It was considered the Peruvian Technical Norms N° 251-008, COPANT (Pan American Standards Commission) N° 30:1-019 and IAWA (1989).

About the anatomical characterization of rings of growth *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don presents early wood and late wood well differentiated or different, with an average of 6 rings/2.5 cm in radius, diffuse-porous, demarcated by a band of radially flattened belonging to latewood fibers and giving a darker color. For his part, *Senefeldera inclinata* P. Franco presents little regular growth rings, differentiated by early and late, average wood 5 rings/2,5 cm, not visible to the naked, eye diffuse-porous, made up of flattened in late wood and thick-walled fibers.

About the dendrochronological ability the species *Jacaranda copaia* (Aublet) D Don presents good ability dendrochronological; unlike *Senefeldera inclinata* P. Franco presenting regular ability for dendrochronological studies.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR S., BARAJAS, J. 2005. Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico- evolutivo. Red de revistas científicas de América latina y el Caribe, España y Portugal. Boletín de la sociedad botánica de México, volumen (77): 51-58.
- ARGOLLO, J., CLAUDIA, S., VILLALBA, R. 2004. Potencialidad Dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los andes centrales de Bolivia, Instituto de Investigaciones Geológicas y del Medio Ambiente, Revista Ecología en Bolivia, volumen (39): 5-24.
- BGAZO, N., ARÓSTEGUI, A. 1985. Estructura Anatómica y Clave de Identificación de 20 Especies Forestales de Iquitos. Revista Forestal del Perú. Lima – Perú. Vol. 13 (1): 1 – 20.
- BELTRAN, L., VALENCIA, G. 2012. Caracterización anatómica de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central. Revista Biológica Tropical. UNCP-FCFA, Huancayo, Perú. Vol. (61): 1025 – 1037.

- BOTOSO, P., PÓVOA, P. 2002. Conhecer a Idade das Árvores: Importância e Aplicação. Colombo – Brasil. Empresa Brasileira da Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Documento 75. 25 p.
- BRIENEN, R., ZUIDEMA, P. 2003. Anillos de Crecimiento de Árboles Maderables en Bolivia: su Potencial para el Manejo de Bosques y una Guía Metodológica, Bolivia. PROMAB/IGEMA. Informe Técnico n° 7 Riberalta Beni, 33 p.
- CAMPOS, L., LOBAO, S., ROSERO, J., TOMAZELLO, M., LISI, C. TORRES, G., YÉPEZ, F. 2008. Determinación de la potencialidad de especies forestales para dendrocronología a través de la caracterización anatómica de anillos de crecimiento en la amazonia peruana – brasileña, Congreso nacional de estudiantes forestales Madre de Dios – Perú. 12 p.
- CAMPOS L. 2009. Dendrocronología en árboles de tornillo, *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Fabáceae), del centro de Investigación Jenaro Herrera en el norte de la amazonia, región Loreto – Perú, Tesis ing. Forestal. Lima – Perú. Universidad Agraria La Molina. 129 p.
- CARITAT, A., MOLINAS, M., OLIVA, M. 1992. El Crecimiento Radial del Alcornoque en Cinco Parcelas de alcornocal de Girona. Universidad de Girona. Scientia Gerendense. Vol. 18: 73 – 83 p.

- CHAVESTA, M. 2005. Separata de Capacitación sobre Identificación de Maderas. Acuerdo UNALM – USAID.
- CHAVESTA, M. 2006. Identificación de maderas de caoba y especies similares proyecto fortalecimiento de autoridades científicas y administrativos CITES en el Perú. Acuerdo UNALM – FCF-BSD. 40 p.
- CHAVESTA, M., VERA, A. ORTEGA, D. PÉREZ, P. ROSERO, J. 2011. Avances en la caracterización e identificación anatómica de los anillos de crecimiento de la especie *Junglans neotropica* Diels (Nogal) para estudios dendrocronológicos en el fundo la Génova, Junín. Revista de los estudiantes de Ciencias Forestales, Universidad Agraria La Molina (xilema). Volumen (24): 100 p.
- COPANT 1974. Descripción de Características Organoléptica, Macroscópicas y Microscópicas de la Madera, norma COPANT 30, pp. 1 – 19.
- CÓRDOVA, E. 2003. Reconstrucción Climática a partir del anillado de los árboles de la costa norte del Perú. In. Industrial. Piura. Universidad Nacional de Piura.
- DÍAZ, O. 2003. Anatomía de la Madera, Universidad Austral de Chile. Ed. Marisa Cunero. (1era Ed). Valdivia Chile. 151 p.
- GARCÍA, L. 2003. La Madera y su Anatomía, Edición Mundiprensa (1era Ed). Madrid, España. 327 p.

- GENÉ, C., ESPELTA, J., GRÁCIA, M., RETAMA, J. 1993. Identificación de los anillos anuales de crecimiento de la encina (*Quercus ilex* L.). Centro de Reserva Ecológica y Aplicaciones Forestales. Universidad Autónoma de Barcelona. Volumen (8): 127-139.
- GIMÉNEZ, A. RÍOS, N., MOGLIA, G., LOPEZ, C. 1998. Leño y Corteza de *Prosopis alba* Griseb “algarrobo blanco”, Mimosaceae, en relación con lagunas magnitudes dendrométricas. Revista Bosques. Universidad Nacional de Santiago del Estero – Argentina. Vol. 19(2): 53 – 62.
- GIMÉNEZ, A., RÍOS, N. 1999. Crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (schlecht) barkl. Et meyer, Anacardiácea. Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe (RERALYC). Universidad Autónoma del Estado de México, España y Portugal. Xalapa. 18 p.
- GIMÉNEZ, A. MOGLIA, J. HERNÁNDEZ, P. GEREZ R. 2005. Anatomía de la madera. Segunda edición. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina. 88 p.
- GIRALDO, J. 2010. Dendrocronología en el Trópico: Aplicaciones Actuales y Potenciales. Colombia Forestal. Vol. 14(1): 97 – 111.
- IAWA. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. International Association of Wood Anatomists (IAWA). Boletín. Vol. (10): 332.

- IMAÑA, J., ENCINAS, O. 2008, Epidometría Forestal. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Brasilia. Brasilia, Brasil. 66 p.
- LEÓN, W., ESPINOZA, N. 2001. Anatomía de la madera, Ed. Universidad de los Andes. (1era Ed). Mérida Venezuela. 371 p.
- LISI, C. S., TOMAZELLO FILHO, M., BOTOSSO, P. C., ROIG, F. A., MARIA, V. B. R., FERREIRA-FEDELE, L., VOIGT, A. 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. (29) 189-207.
- LÓPEZ, L., VILLALBA, R., PEÑA, C. 2002. Periodicidad en el crecimiento de siete arboles forestales, usando como indicador cicatrices de fuego. Marcados durante el incendio forestal de 1995, ocurrido en Chonta, Guarayos Santa Cruz, Bolivia. IANIGLA, CRICYT, CONICET, Instituto boliviano de investigación forestal. 1-27 p.
- LÓPEZ, L. 2006. Historia de los cambios ambientales y la dinámica de los bosques nativos del cerrado boliviano: una apreciación dendrocronológica. Mendoza argentina. Departamento de dendrocronología e historia ambiental, IANIGLA, CROCYT, CONICET. 16 p.
- LÓPEZ, J., VALDEZ, H., TERRAZAS, T., RENE, V. 2006. Anillos de crecimiento y su periodicidad en tres especies tropicales del estado de

Colina, México. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe. España y Portugal. Volumen (4) 533-544.

LÓPEZ, L. 2011. Una Aproximación Dendrocronológica a la Ecología y el Manejo de los Bosques Tropicales Secos del cerrado boliviano. Tesis Ph. D. Bolivia. 259 pp.

MENDOZA, B. 1993. Conceptos Básicos de Manejo Forestal. Editorial UTEHA, D.F., México.

NÚÑEZ, C. 2008. Anatomía de la Madera. Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Misiones. Misiones- Argentina. 70 p.

ROIG, F., JIMÉNEZ, O., VILLANUEVA, J., LUCKMAN, B., TIESSEN, H., MEDINA, A., NOELLEMAYER, E. 2005. Anatomy of growth rings at the Yucatan Peninsula, Dendrochronology. Vol. (22): 187-193.

ROSETO, J. 2012. Análisis dendrocronológico de tres especies forestales del bosque seco ecuatorial estacional. Tesis Ing. Forestal. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 110 p.

TOMAZELLO, M. LISI, C. BOTOSSO, P. 2000. Potencialidad de la familia Meliaceae para dendrocronología en regiones tropicales y subtropicales, Mendoza- Argentina. (1ra Ed.). 381-430.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. 2001. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores. In: MAIA, N.; MARTOS, H.;

BARRELLA, W. (Org.). Indicadores ambientais conceitos e aplicações. São Paulo. 117-143.

TOMAZELLO, M. LISI, C. HANSEN, N. CURY, G. 2004. Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of Sao Paulo, Brazil. *Sciencitia Forestalis*. Volumen (66) 46-55.

VILLALBA, R., MORALES, M., GRAU, H., VILLAGRA, P. 2001. Potencialidad de *Prosopis ferox* Griseb (Leguminosae, subfamilia: mimosoideae) para estudios dendrocronológicos en desiertos subtropicales de alta montaña. Mendoza, AR. Departamento de dendrocronología e historia ambiental, IANIGLA, CRICYT, CONICET. 12 p.

VILLALBA, R. VILLAGRA, P. BONINSEGNA, J. MORALES, M. MOYANO, V. 2000. Dendroecología y dendroclimatológica con especies del genero *Prosopis* en Argentina. Mendoza, Argentina. Departamento de dendrocronología e historia ambiental. IANIGLA-CRICYT. 18 pp.

WWF, 2004. Guía de Procesamiento Industrial. Fabricación de Muebles con Maderas Poco Conocidas – LKS. Lima, Perú. 16 pp.

ANEXOS

Anexo 1

Constancia de determinación botánica de especies investigadas



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARÍA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 Av. Universitaria s/n – Teléfono: 062 – 562342 // Fax: 062 – 561126



"Año de la Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

El profesor de Dendrología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, hace constar que; las muestras vegetales presentadas por el señor: **CÉSAR OMAR ESCALANTE FERNÁNDEZ**, hacia mi persona pertenecen a:

Jacaranda copaia (Aublet) D.Don

Senefeldera inclinata P. Franco

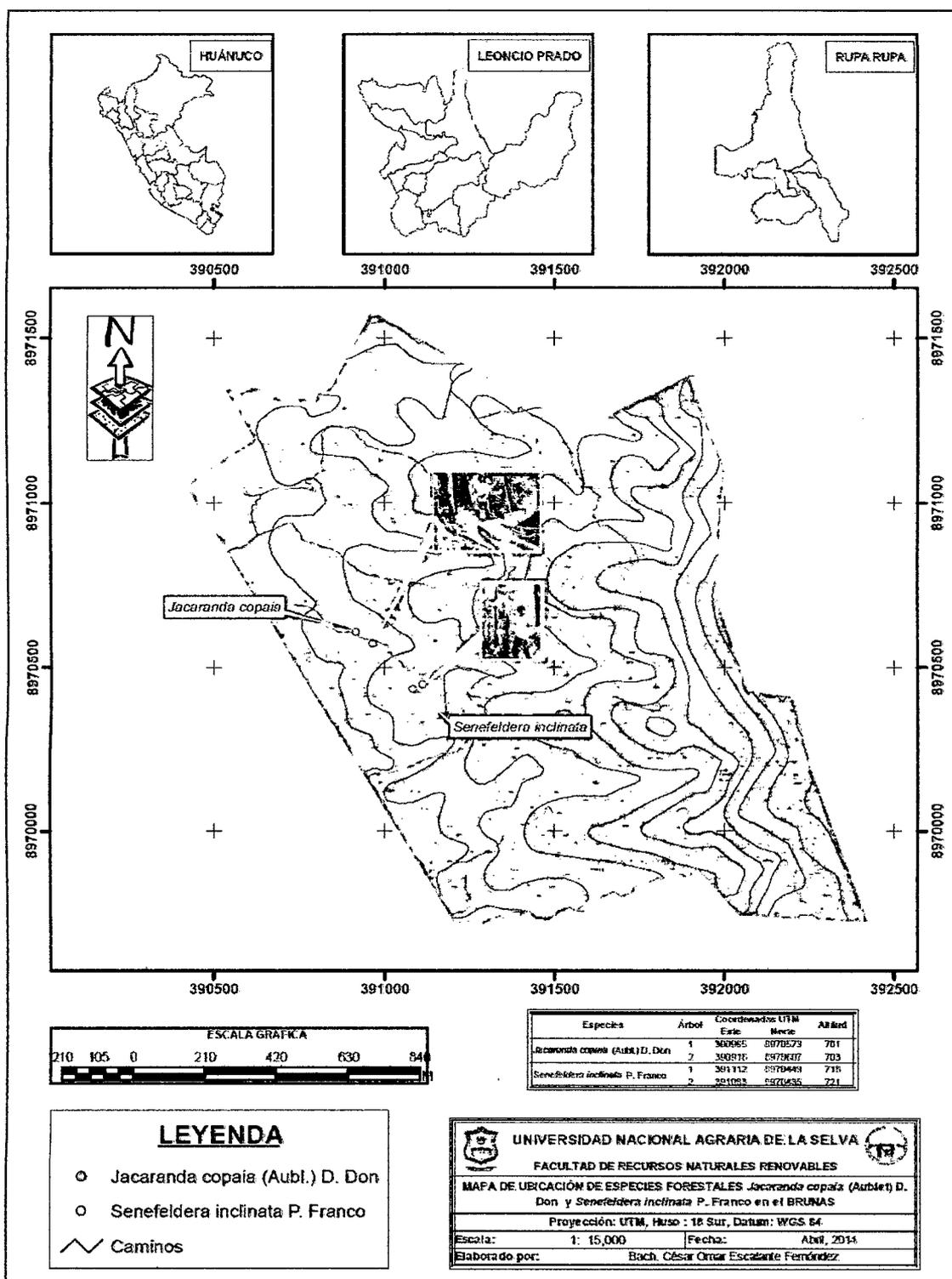
Tingo María 27 de Marzo del 2014




 Ing. Warren Ríos García
 Profesor de Dendrología FRNR-UNAS

Anexo 2

Mapa de ubicación de las especies *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don y
Senefeldera inclinata P. Franco en el BRUNAS



Anexo 3

Medición de elementos vasculares y fibras

Cuadro 6. Dimensiones de la especie forestal *Jacaranda copaia* (Aublet) D.
Don - Árbol 1.

N°	Fibras (μ)			Elementos Vasculares (μ)	
	Longitud	Diámetro - Fibra	Diámetro - Lumen	Longitud	Diámetro
1	722.95	25.8	18.36	528.45	217.23
2	922.64	30.78	19.51	567.54	192.45
3	945.72	24.58	16.52	563.1	195.77
4	501.34	28.22	23.64	518.56	205.89
5	888.33	32.16	27.71	733.84	112.85
6	801.51	26.98	21.81	509.93	266.82
7	868.99	25	21.15	394.5	144.6
8	667.35	20.78	17.64	612.25	271
9	974.86	25.11	18	497.32	172.72
10	694.08	29.01	23.28	409	124.68
11	766.3	113.25	90.16	347.29	229.29
12	1066.14	34.59	29.95	409.64	244.6
13	920.98	29.6	22.78	543.62	244.69
14	923.8	40.17	28.42	286.4	237.65
15	872.52	22.98	18.92	462.77	256.55
16	779.91	28.21	24.58	252.58	186.4
17	777.77	21.92	15.78	291.43	239.91
18	966.88	30.23	26.42	342.16	223.6
19	1194.47	46.57	25.37	496.15	245.81
20	943.12	26.07	23.97	418.67	266.06
21	1129.8	33.62	28.31	523.51	167.57
22	690.48	38.09	31.75	326.16	267.01
23	857.04	31.81	28.24	347.59	163.89
24	879.79	35.11	18.58	338.03	181.13
25	473.41	33.59	28.96	427.33	89.06

Cuadro 7. Dimensiones de la especie forestal *Jacaranda copaia* (Aublet) D.
Don - Árbol 2.

N°	Fibras (μ)			Elementos Vasculares (μ)	
	Longitud	Diámetro - Fibra	Diámetro - Lumen	Longitud	Diámetro
1	1018.84	21.1	14.73	415.55	464.6
2	975.41	24.17	19.87	644.13	412.52
3	1248.12	23.93	23.41	817.19	252.54
4	1085.34	23.58	16.68	467.69	263.06
5	1080.31	32.06	29.66	273.52	427.7
6	1162.69	17.64	14.87	632.33	434.42
7	1399.01	16.62	10.62	738.24	374.7
8	1124.33	13.83	7.29	716.9	95.8
9	1224.34	21.47	15.33	290.79	130.45
10	1190.74	16.36	12.91	307.85	220.31
11	898.64	25.49	17.22	644.28	179.57
12	893.57	14.15	9.45	532.22	360.29
13	1412.95	18.32	13.88	481.84	450.31
14	1188	24.81	20.79	285.17	219.95
15	954.65	12.26	8.25	491.9	416
16	1137.58	26.05	19.87	273.32	438.64
17	931.92	17.41	11.76	352.54	445.01
18	1075.23	19.75	12.98	552.78	369.16
19	1353.08	25.96	18.71	466.71	443.29
20	1257.08	23.36	17.77	483.31	344.42
21	1210.27	21.58	12.47	309.88	303.55
22	1187.82	23.47	15.66	563.96	307.47
23	1159.02	29.31	19.8	445.33	324.66
24	1113.99	30.93	23.22	560.14	350.38
25	1042.61	26.9	16.52	340.28	350.42

Cuadro 8. Dimensiones de la especie forestal *Senefeldera inclinata* P Franco. -
Árbol 1.

N°	Fibras (μ)			Elementos Vasculares (μ)	
	Longitud	Diámetro - Fibra	Diámetro - Lumen	Longitud	Diámetro
1	1202.90	17.67	11.64	647.20	108.06
2	1265.43	13.76	5.19	762.25	75.01
3	1210.09	15.03	7.79	573.71	77.96
4	922.89	14.58	4.30	799.55	102.95
5	1175.85	10.04	2.83	519.32	74.47
6	1473.99	10.01	4.01	517.29	92.37
7	1245.89	13.96	4.08	560.77	95.37
8	1066.99	15.57	10.46	661.12	86.32
9	1032.20	12.06	7.19	718.26	65.73
10	1188.44	9.54	7.01	506.36	111.03
11	963.80	11.22	5.08	480.42	65.68
12	1047.32	8.95	2.43	732.15	103.76
13	1022.72	10.94	5.15	514.06	69.70
14	853.97	7.69	5.08	782.29	65.41
15	1430.49	9.57	3.80	486.69	112.43
16	1142.08	17.76	4.30	470.47	134.62
17	953.51	14.59	3.40	458.23	99.88
18	1053.92	15.17	4.99	689.62	81.77
19	897.33	14.88	5.73	839.28	86.38
20	793.76	14.41	4.16	512.31	97.36
21	1030.75	15.58	6.57	478.00	140.14
22	883.97	16.83	10.82	605.22	75.44
23	814.83	14.33	4.52	514.15	92.21
24	953.66	14.30	2.72	734.10	88.32
25	708.31	14.14	3.95	567.36	114.77

Cuadro 9. Dimensiones de la especie forestal *Senefeldera inclinata* P. Franco -
Árbol 2.

N°	Fibras (μ)			Elementos Vasculares (μ)	
	Longitud	Diámetro - Fibra	Diámetro - Lumen	Longitud	Diámetro
1	738.73	14.26	6.22	515.52	106.63
2	768.4	16.02	8.32	883.11	103.58
3	788.75	18.43	8.76	676.05	106.74
4	790.43	16.57	7.85	606.78	63.26
5	833.23	24.05	14.2	776.29	91.45
6	840.85	14.98	6.61	752.63	126.79
7	852.21	17.68	7.59	555.6	84.14
8	853.95	16.54	8.17	729.89	107.01
9	881.16	13.88	6.39	504.17	128.39
10	894.06	15.97	7.2	764.28	95.5
11	927.77	18.1	9.73	769.69	99.03
12	931.87	16.8	6.08	621.81	97.96
13	940.54	19.84	12.19	760.75	93.6
14	967.81	19.94	9.47	1003.06	104
15	972.08	28.27	15.56	716.47	100.45
16	981.57	16.41	7.02	905.39	123.21
17	1005.64	18.66	6.51	744.67	120.54
18	1007.05	16.93	11.4	874.24	128.01
19	1041.7	13.96	5.62	924.42	97.99
20	1078.68	11.2	4.8	912.39	131.63
21	1098.71	27.26	7.09	883.86	124.81
22	1129.4	17.76	7.03	722.8	106.92
23	1150.49	19.34	9	1080.21	108.81
24	1154.27	18.11	6.84	760.87	63.49
25	1185.14	20.04	9.88	673.71	134.74

Características dasométricas

Cuadro 10. Dimensiones dasométricas de las especies forestales en estudio.

Especie	Árbol	Altura total (m)	Altura comercial (m)	Diámetro (m)
<i>Jacaranda copaia</i> (Aublet) D. Don	1	25	14.5	1,2
	2	30	20	0,95
<i>Senefeldera inclinata</i> P. Franco	1	12	7	0,77
	2	15	7	0,69

Anexo 4

Panel fotográfico en las actividades de colecta (fase de campo) y
caracterización de anillos de crecimiento (fase de laboratorio)



Figura 5. Mediciones dasométricas de *Senefeldera inclinata* P. Franco.



Figura 6. Extracción de trozas de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don.

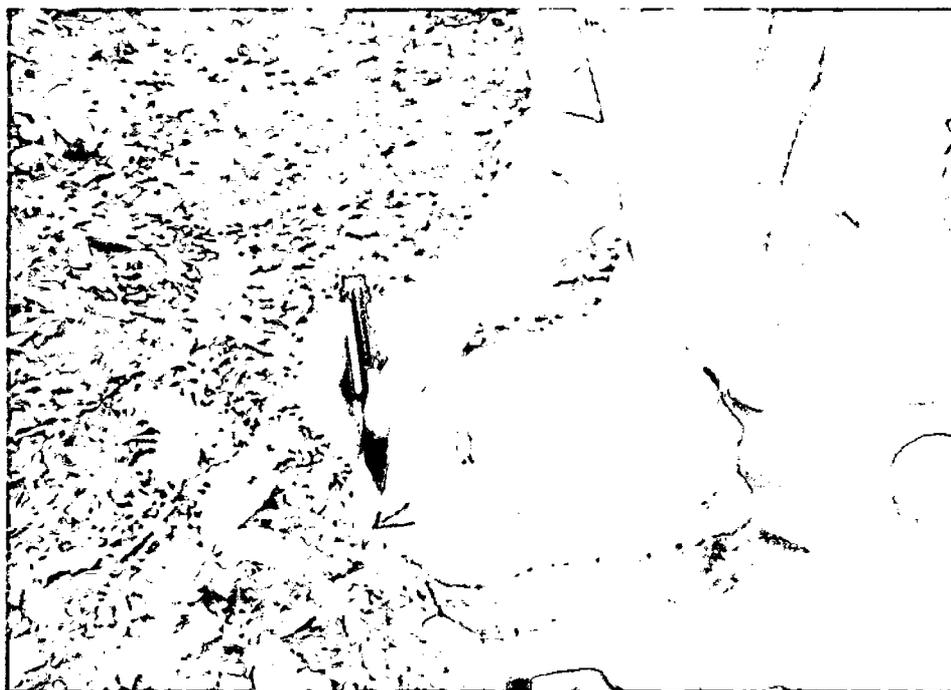


Figura 7. Registro de troza y marcado del norte de *Senefeldera inclinata*

P. Franco.

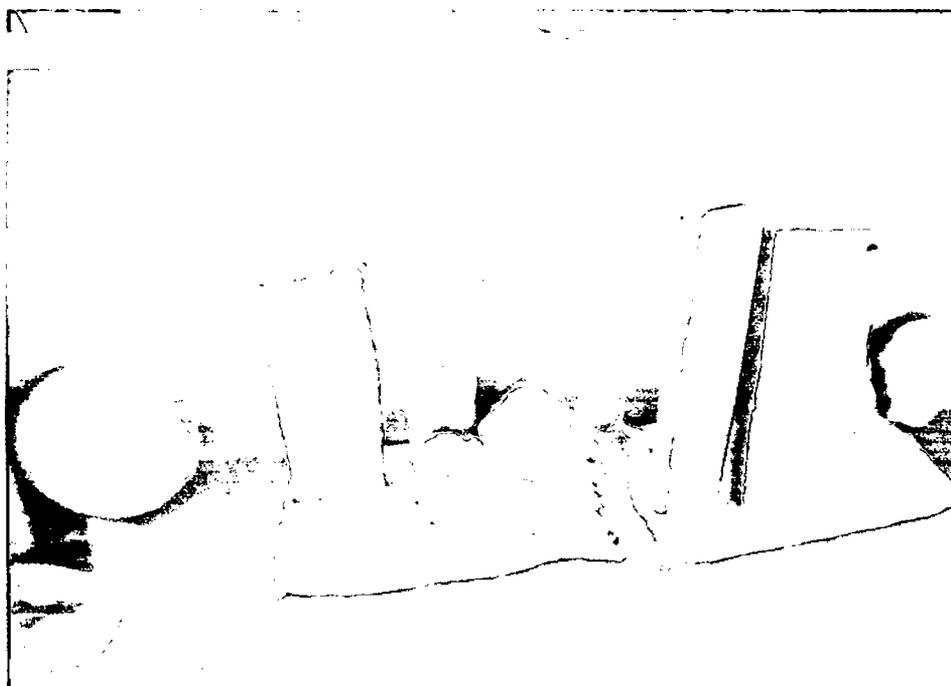


Figura 8. Rodajas y tablones de *Jacaranda copaia* (Aublet) y *Senefeldera inclinata* P. Franco.



Figura 9. Habilitado de madera de *Senefeldera inclinata* P. Franco para la preparación de xilotecas.



Figura 10. Pulido de las rodajas de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don.

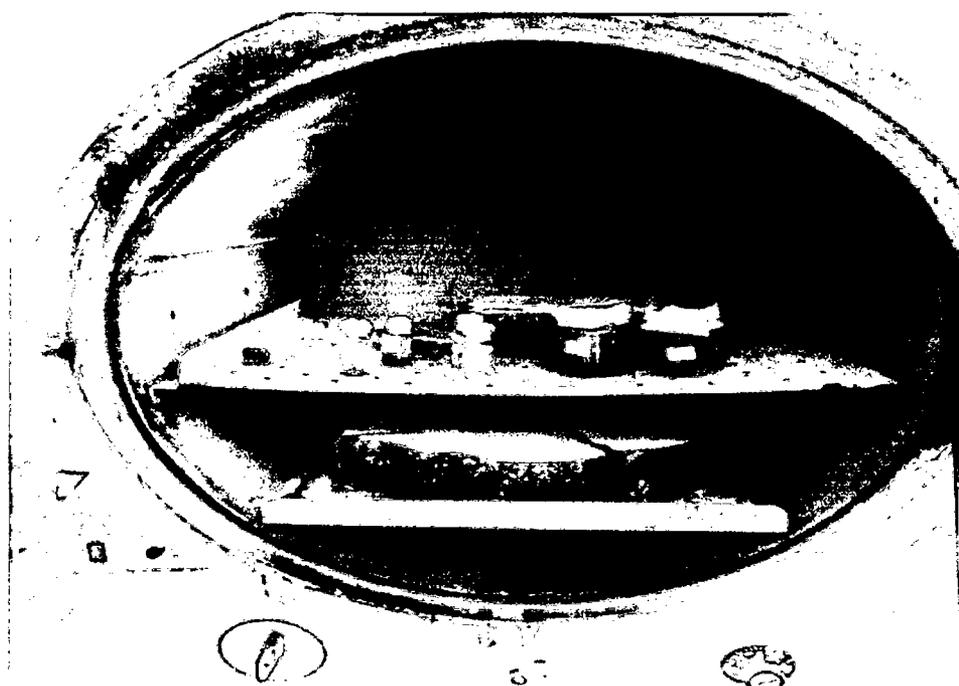


Figura 11. Ablandamiento de cubos y preparación del tejido macerado.



Figura 12. Cortes transversales de las muestras en el micrótopo de desplazamiento horizontal.



Figura 13. Observación, medición de elementos leñosos y descripción de anillos de crecimiento a nivel microscópico.



Figura 14. Descripción de elementos leñosos a nivel macroscópico.

Anexo 5

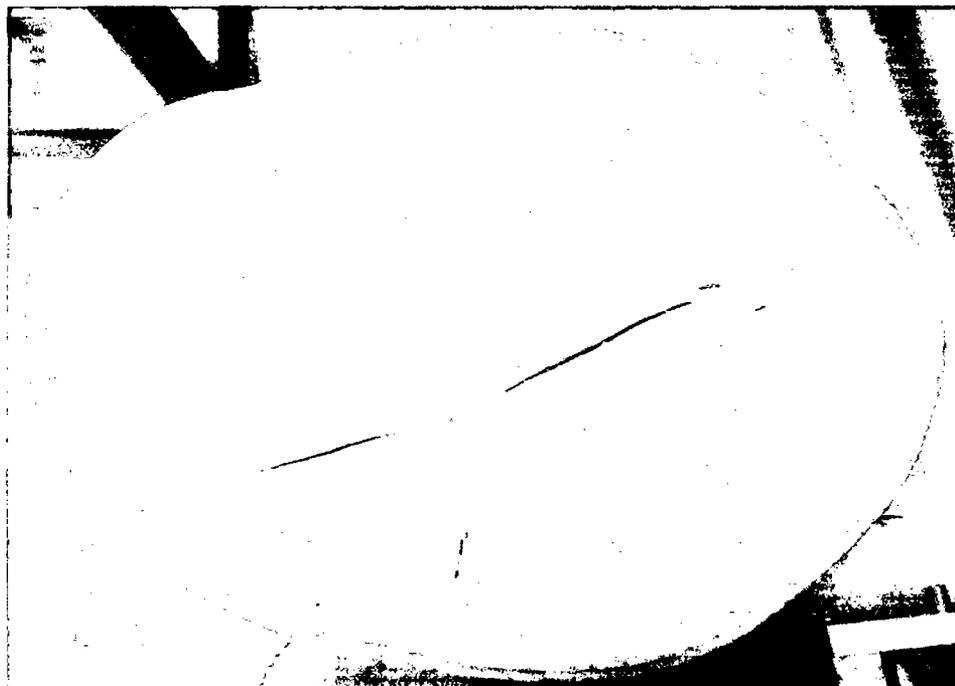
Panel fotográfico de características macroscópicas y microscópicas de las especies en estudio

Figura 15. Rodaja de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don en sección transversal.

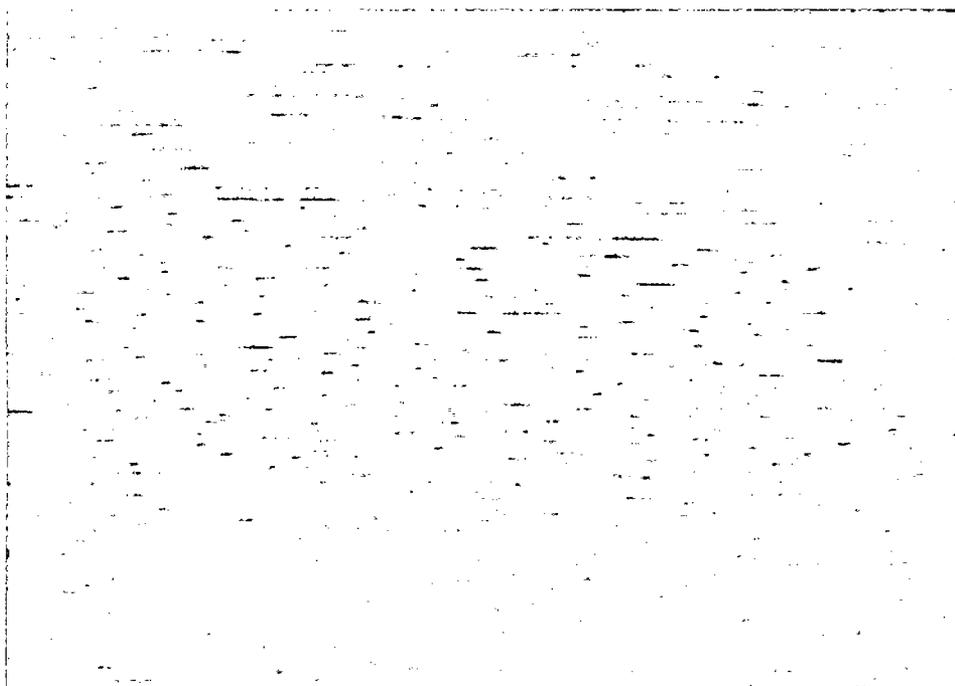


Figura 16. Corte radial de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don.

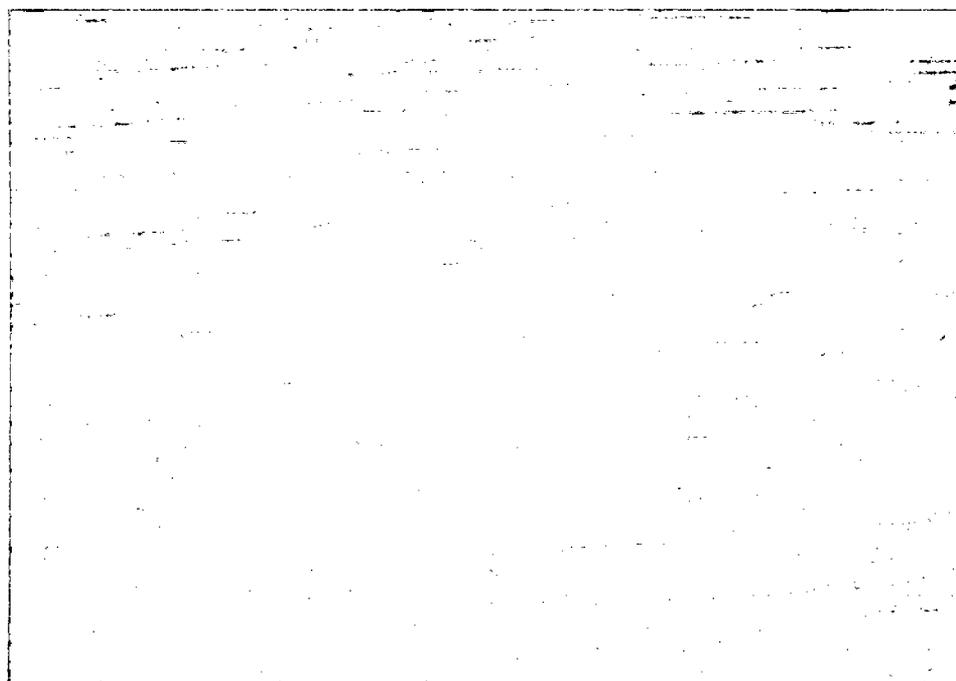


Figura 17. Corte tangencial de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don.

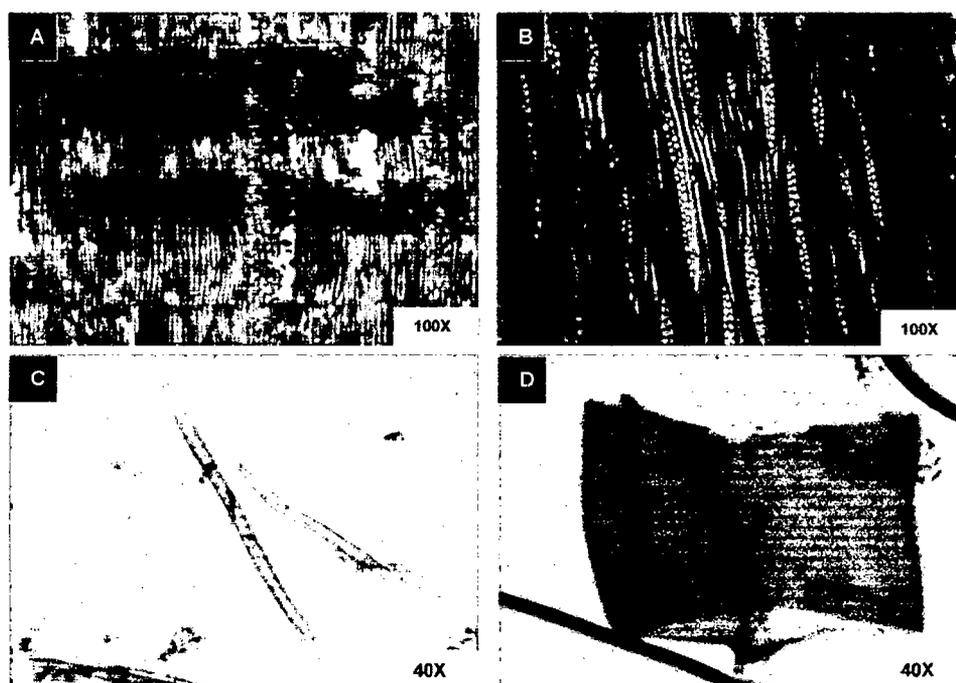


Figura 18. Microfotografía de *Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don A: sección radial. B: sección tangencial. C: fibras. D: elemento vascular.

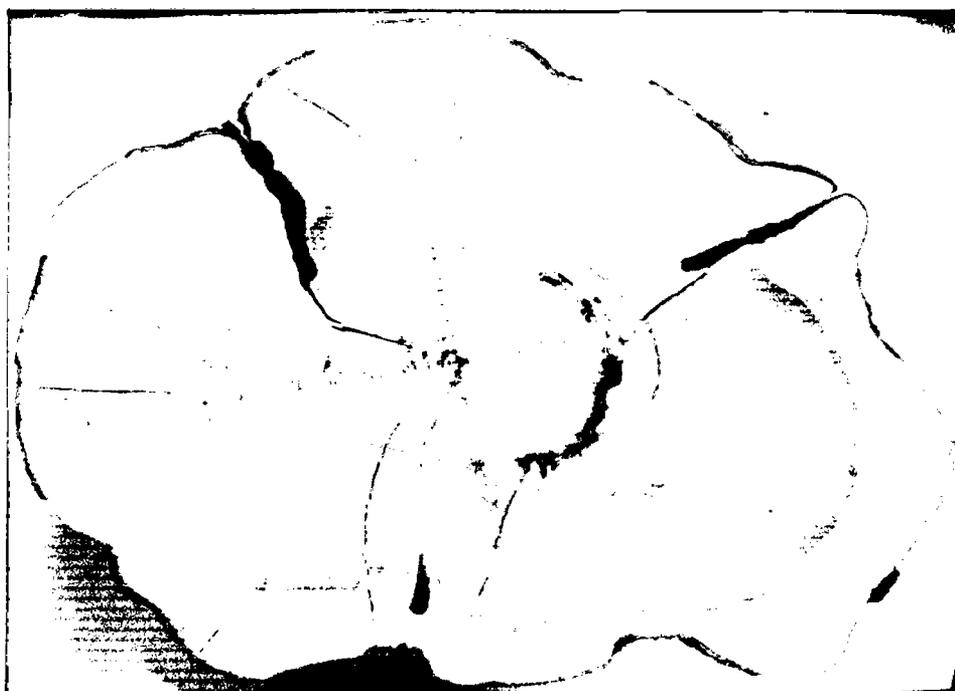


Figura 19. Rodaja de *Senefeldera inclinata* P. Franco en sección transversal.

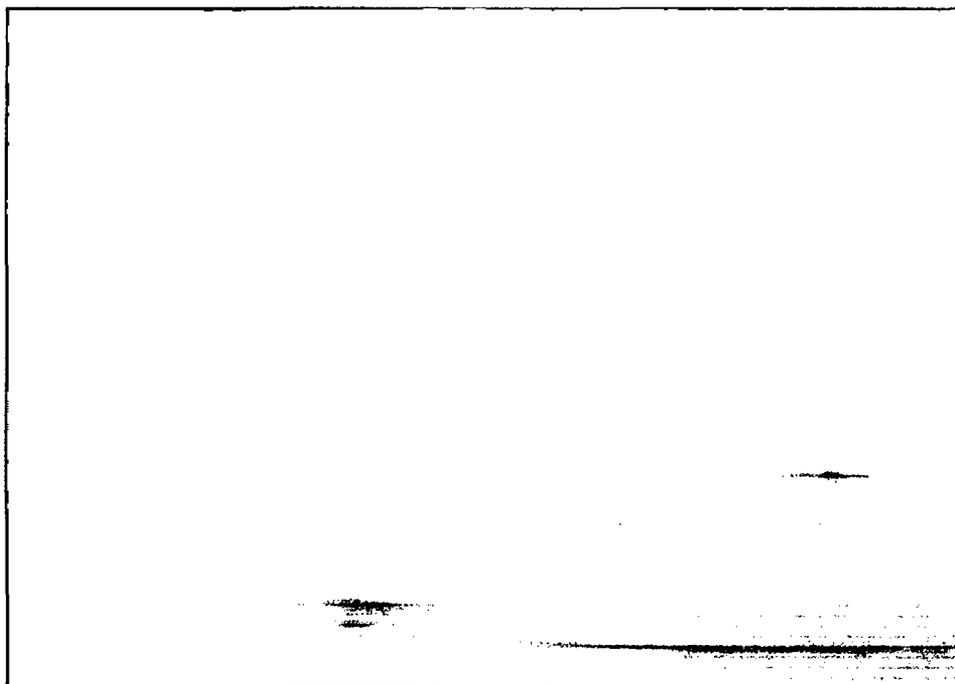


Figura 20. Corte radial de *Senefeldera inclinata* P. Franco.

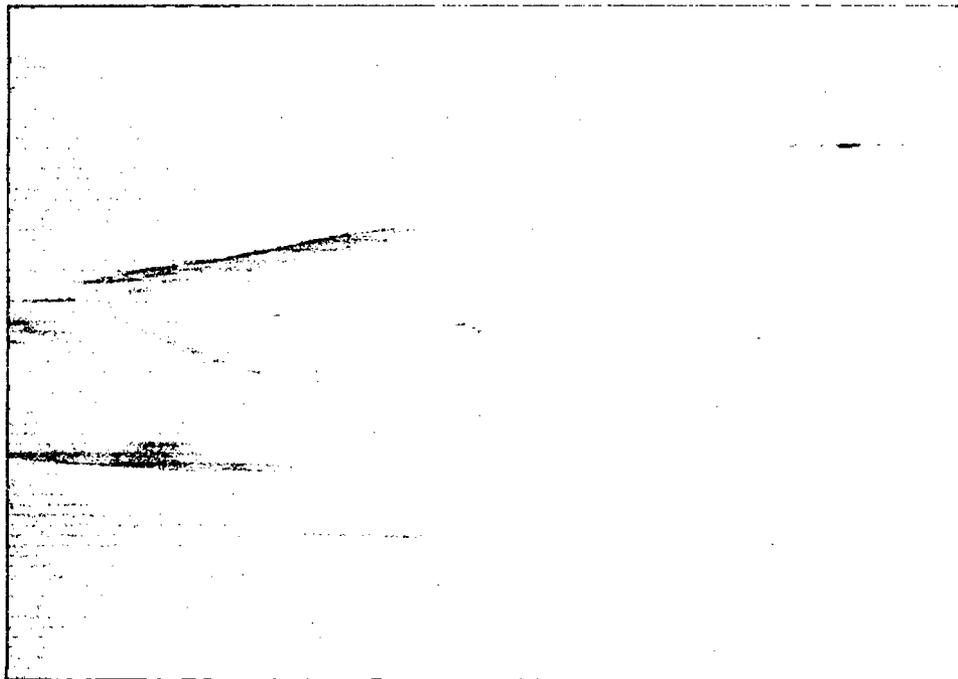


Figura 21. Corte tangencial de *Senefeldera inclinata* P. Franco.

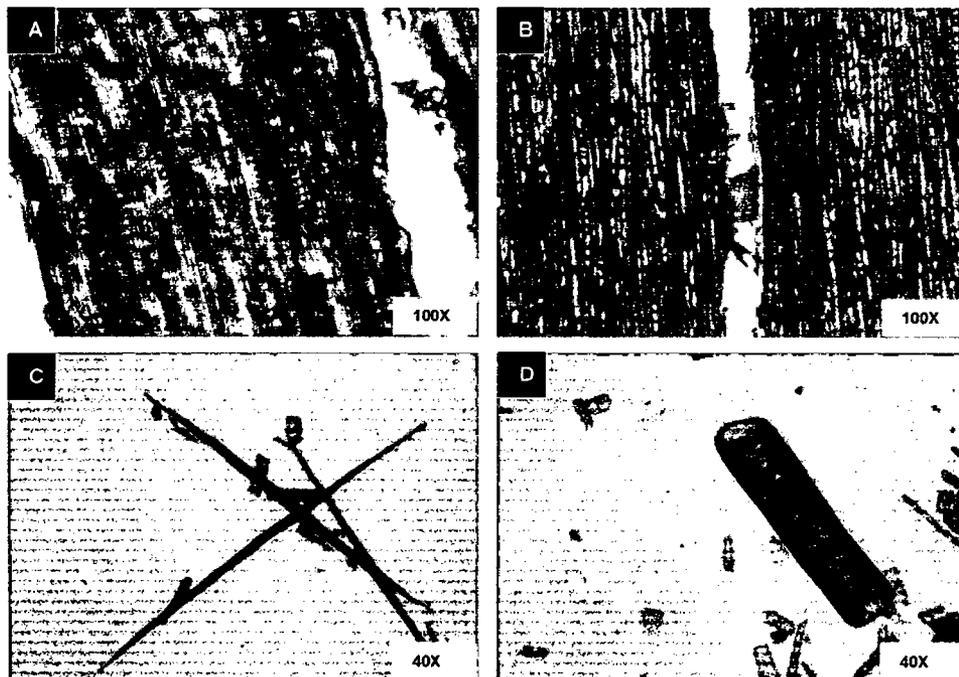


Figura 22. Microfotografía de *Senefeldera inclinata* P. Franco A: sección radial. B: sección tangencial. C: fibras. D: elemento vascular.

Anexo 6
Actividades complementarias



Figura 23. Reforestación con *Cedrelinga cateniformis* Ducke



Figura 24. Enriquecimiento del bosque.

Anexo 7

Revisión de bibliografía sobre caracterización anatómica de anillos de crecimiento

Cuadro 11. Relación de especies forestales nativas para estudios dendrocronológicos en Brasil.

Nº	Familia botánica	Especie
1	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>
2	Araucariaceae	<i>Araucária angustifolia</i>
3		<i>Tabebuia cassinoides</i>
4		<i>Tabebuia serratifolia</i>
5		<i>Tabebuia umbellata</i>
6	Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i>
7		<i>Tabebuia barbata</i>
8		<i>Tabebuia heptaphylla</i>
9		<i>Zeyheria tuberculosa</i>
10		<i>Jacaranda copaia</i>
11	Bombacaceae	<i>Scleronema micranthum</i>
12		<i>Alchomea triplinervia</i>
13	Euphorbiaceae	<i>Piranhea trifoliata</i>
14		<i>Hevea brasiliensis</i>
15		<i>Cariniana legalis</i>
16		<i>Cariniana estrellensis</i>
17	Lecythidaceae	<i>Lecythis sp.</i>
18		<i>Bertholletia excelsa</i>
19		<i>Cariniana micrantha</i>
20		<i>Copaifera langsdorffii</i>
21	Leguminosae - Caesalpinoideae	<i>Hymenaea courbaril</i>
22		<i>Eperuga bijuga</i>
23	Leguminosae - Mimosoideae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>
24		<i>Anadenanthera colubrina</i>
25	Leguminosae - Papilionoideae	<i>Centrolobium tomentosum</i>
26		<i>Dipterix alata</i>
27		<i>Cedrela odorata</i>
28		<i>Cedrela fissilis</i>
29	Meliaceae	<i>Cedrela angustifolia</i>
30		<i>Swietenia macrophylla</i>
31		<i>Carapa guianensis</i>
32		<i>Virola michelii</i>
33	Myristicaceae	<i>Virola melionii</i>
34	Rutaceae	<i>Esenbeckia leiocarpa</i>
35	Sapotaceae	<i>Manilkara bidentata</i>
36	Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>

Fuente: BOTOSSO y PÓVOA (2003).

Cuadro 12. Lista de 32 especies maderables bolivianas potenciales para estudios dendrocronológicos.

Nº	Nombre científico	Potencial de la especie	Anatomía del anillo	Dificultades encontradas
1	<i>Vochsia vismiifolia</i>	con dificultad	4	-
2	<i>Dipterix odorata</i>	con dificultad	3	-
3	<i>Aspidosperma vargas</i>	bien	?	-
4	<i>Moronobea sp.</i>	bien	4	-
5	<i>Ficus sp.</i>	bien	2	-
6	<i>Ampelocera ruizii</i>	con dificultad	1	Anillos falsos
7	<i>Bertolletia excelsa</i>	con dificultad	2	Anillos se juntan, anillos falsos
8	<i>Cedrela odorata</i>	bien	1,4	No hay
9	<i>Jacaranda copaia</i>	bien	3	-
10	<i>Astronium lecointei</i>	con dificultad	1,3	Anillos se juntan, borde difícil de distinguir, centro difícil
11	<i>Carinaria micrantha</i>	con dificultad	2	-
12	<i>Tetragastris altissima</i>	con dificultad	4	Borde anillos difícil de distinguir
13	<i>Pithecellobium corimbosum</i>	con dificultad	1	-
14	<i>Sweetia fructicosa</i>	con dificultad	1	Anillos falsos
15	<i>Ceiba pentandra</i>	bien	?	-
16	<i>Swietenia macrophylla</i>	bien	1	-
17	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	con dificultad	3	Anillos falsos, centro difícil
18	<i>Aspidosperma macrosperma</i>	bien	?	-
19	<i>Manilkara bidentata</i>	no posible	-	-
20	<i>Peltogine heterophylla</i>	bien	1,4	Centro difícil, borde anillos muy delgados
21	<i>Clarisia racemosa</i>	no posible	-	-
22	<i>Hura crepitans</i>	bien	1,3	No hay
23	<i>Tachigalia cf. Paniculata</i>	bien	3	Centro difícil.
24	<i>Hymenae sp.</i>	bien	1	Anillos falsos
25	<i>Cordia alliodora</i>	bien	3	-
26	<i>Schizolobium sp.</i>	bien	3	-
27	<i>Hevea brasiliensis</i>	bien	1,2	-
28	<i>Tabebuia sp.</i>	bien	2	-
29	<i>Parkia pendula</i>	con dificultad	(2/3)	-
30	<i>Amburana caurensis</i>	bien	4	Anillos se juntan, centro a veces difícil
31	<i>Terminalia oblonga</i>	con dificultad	1	Anillos falsos
32	<i>Cariniana ianeirensis</i>	bien	3	-

Fuente: BRIENEN y ZUIDEMA (2003).

Leyenda:

- **Dificultades encontradas:** "-" significa que no hay información existente al respecto.
- **Anatomía del anillo:** 1. Anillo con banda de parénquima terminal. 2. Anillos con banda de parénquima alternados. 3. Anillos con formación de leño temprano y leño tardío. 4. Anillos con diferentes distribuciones de vasos.

Cuadro 13. Distinción de las zonas de incremento del leño de 41 especies arbóreas del Estado de São Paulo, Brasil.

Nº	Familia	Especie	Zona de Incremento	Tipo de hoja
1	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Apenas distinto	Caducifolia
2	Anacardiaceae	<i>Schinustere binthifolius</i> Raddi	Apenas distinto	Siempre verde
3	Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Mull. Arg.	No presenta	Caducifolia
4	Apocynaceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Mull. Arg.	Indistinto	Siempre verde
5	Apocynaceae	<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Mull. Arg.	Apenas distinto	Caducifolia
6	Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex DC.) Stand	Apenas distinto	Caducifolia
7	Bombacaceae	<i>Bombax grandiflorum</i> Cav.	Distinguible	Caducifolia
8	Bombacaceae	<i>Chorisia speciosa</i> (A. St. - Hill.) Dawson	Distinguible	Caducifolia
9	Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Apenas distinto	Semicaducifolia
10	Combretaceae	<i>Terminalia brasiliensis</i> Cambess	Apenas distinto	Caducifolia
11	Compositae	<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	Apenas distinto	Semicaducifolia
12	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp.	Apenas distinto	Caducifolia
13	Euphorbiaceae	<i>Alchomea sidifolia</i> Mull. Arg.	Distinguible	Siempre verde
14	Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	No presenta	Semicaducifolia
15	Euphorbiaceae	<i>Pachystroma ilicifolium</i> Mull. Arg.	Apenas distinto	Siempre verde
16	Euphorbiaceae	<i>Securinea guarayuva</i> Kuhlm.	No presenta	Siempre verde
17	Lauraceae	<i>Ocotea porosa</i> (Ness & Mart. ExNess) L. Barroso	Distinguible	Semicaducifolia
18	Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Distinguible	Semicaducifolia
19	Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) O. Kuntze	Apenas distinto	Semicaducifolia
20	Lecythidaceae	<i>Cariniana legallis</i> (Mart.) O. Kuntze	Indistinto	Semicaducifolia
21	Leg.-Caesalpinoideae	<i>Bauhinia forficata</i> Link	No presenta	Semicaducifolia
22	Leg.-Caesalpinoideae	<i>Caesalpinia férrea</i> Mart. Ex. Tul.	Indistinto	Semicaducifolia
23	Leg.-Caesalpinoideae	<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad) Schrad. Ex. DC:	Indistinto	Caducifolia
24	Leg.-Caesalpinoideae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Distinguible	Semicaducifolia
25	Leg.-Caesalpinoideae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Distinguible	Semicaducifolia
26	Leg.-Caesalpinoideae	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Distinguible	Caducifolia
27	Leg.-Mimosoideae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J. F. Macbr.	Indistinto	Semicaducifolia
28	Leg.-Mimosoideae	<i>Piptadenia macrocarpa</i> Benth.	Indistinto	Caducifolia
29	Leg.-Papilonoideae	<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill. Ex. Benth.	Distinguible	Caducifolia
30	Leg.-Papilonoideae	<i>Dipterix</i> sp.	Indistinto	Siempre verde
31	Leg.-Papilonoideae	<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi.	No presenta	Caducifolia
32	Leg.-Papilonoideae	<i>Machaerium villosum</i> Vogel.	Indistinto	Siempre verde
33	Leg.-Papilonoideae	<i>Platycyamus regnelli</i> Benth.	Indistinto	Caducifolia
34	Meslastomataceae	<i>Tibouchina granulosa</i> Cogn.	No presenta	Siempre verde
35	Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	No presenta	Caducifolia
36	Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez.	No presenta	Siempre verde
37	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Indistinto	Semicaducifolia
38	Rutaceae	<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.	Indistinto	Siempre verde
39	Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Apenas distinto	Semicaducifolia
40	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Apenas distinto	Semicaducifolia
41	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	No presenta	Siempre verde

Fuente: TOMAZELLO *et al.*, (2004).

Cuadro 14. Caracterización anatómica de los anillos de crecimiento de 26 especies de la amazonia peruana y brasilera.

N°	Especie	Familia	Características Anatómicas					Dificultades encontradas
			D	P	GP	PM	PD	
1	<i>Apeiba tibourbou</i>	MALVACEAE	A	3	2	2	2	Presencia de parénquima en bandas
2	<i>Apuleia molariz</i>	FABACEAE-CAESALPINIOIDEAE	B	3	3	2	2	Anillos discontinuos, anillos se juntan
3	<i>Aspidosperma macrocarpo</i>	APOCYNACEAE	B	3	1	3	2	Anillos con dificultades para distinguir
4	<i>Bertholletia excelsa</i>	LECYTHIDACEAE	A	3	3	1	2	Anillos falsos
5	<i>Bombax sp.</i>	BOMBACACEAE	B	3	1	3	3	Anillos con dificultades para distinguir
6	<i>Brosimun sp.</i>	MORACEAE	C	3	1	2	3	Anillos discontinuos, anillos se juntan
7	<i>Carapa guianensis</i>	MELIACEAE	A	3	1	1	1	
8	<i>Cedrela odorata</i>	MELIACEAE	A	2	1	1	1	
9	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	FABACEAE-MOMOSOIDEAE	A	3	3	3	2	Centro difícil, anillos falsos
10	<i>Couma sp.</i>	APOCYNACEAE	B	3	1	3	3	Anillos con dificultades para distinguir
11	<i>Couratari sp.</i>	LECYTHIDACEAE	A	3	3	1	2	Anillos falsos
12	<i>Diploptropis brasiliensis</i>	FABACEAE-CAESALPINIOIDEAE	C	3	3	3	3	Anillos no visibles
13	<i>Enterolobium sp.</i>	FABACEAE-CAESALPINIOIDEAE	B	3	1	1	2	Anillos con dificultades para distinguir
14	<i>Hymenaea sp.</i>	FABACEAE-CAESALPINIOIDEAE	A	3	1	1	1	
15	<i>Jacaranda copaia</i>	BIGNONIACEAE	C	3	2	2	3	Anillos no visibles
16	<i>Martiodendron sp.</i>	FABACEAE-CAESALPINIOIDEAE	A	3	3	1	1	
17	<i>Myroxylon balsamum</i>	FABACEAE-CAESALPINIOIDEAE	C	3	1	3	3	Anillos con dificultades para distinguir
18	<i>Minquartia guianensis</i>	OLACACEAE	B	3	1	3	3	Anillos con dificultades para distinguir
19	<i>Nectandra sp.</i>	LAURACEAE	B	3	2	3	3	Anillos con dificultades para distinguir
20	<i>Ochroma pyramidale</i>	MALVACEAE	B	3	2	3	2	Anillos poco visibles
21	<i>Peltogyne sp.</i>	FABACEAE-CAESALPINIOIDEAE	A	3	3	1	1	Borde del anillo muy delgado
22	<i>Schizolobium amazonicum</i>	FABACEAE-CAESALPINIOIDEAE	A	3	2	3	1	
23	<i>Simarouba amara</i>	SIMAROUBACEAE	B	3	1	2	2	Anillos con dificultades para distinguir
24	<i>Swartzia sp.</i>	FABACEAE-CAESALPINIOIDEAE	C	3	1	2	3	Anillos no visibles
25	<i>Siwitenia macrophylla</i>	MELIACEAE	A	3	1	1	1	
26	<i>Terminalia sp.</i>	COMBRETACEAE	A	3	3	1	1	

Fuente: CAMPOS *et al.* (2008).

Cuadro 15. Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies forestales tropicales y análisis del potencial dendrocronológico, Selva Central.

N°	Familia	Especie	Características Anatómicas					Dificultades encontradas
			D	P	TF	PB	PD	
1	Anacardiaceae	<i>Astronium lecoentei</i> Ducke. vesp. aff.	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
2	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	1	3	1	3	1	
3	Apocynaceae	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC	1	3	1	3	1	
4	Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.	1	3	1	3	1	
5	Burseraceae	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Sw.	3	3	3	3	3	Anillos irregulares, indistintos
6	Caryocariaceae	<i>Anthodiscus peruanus</i> Baill.	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
7	Caryocariaceae	<i>Caryocar amigdaliforme</i> Ruiz & Pav. ex G. Don	1	3	1	3	1	
8	Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
9	Combretaceae	<i>Buchenavia amazonia</i> Alwan & Stace	2	3	3	1	3	Anillos irregulares, textura fina
10	Combretaceae	<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pavon) Steud	1	3	1	3	1	
11	Euforbiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.	1	3	2	3	1	
12	Euforbiaceae	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp. Vel sp. aff.	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
13	Euforbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Mu. ll. Arg	1	3	1	2	1	
14	Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i> (Allemao) A. C. Sm.	1	3	1	3	1	
15	Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	1	3	1	3	1	
16	Fabaceae	<i>Copaifera paupera</i> (Herzog) Dwyer	1	3	3	1	1	
17	Fabaceae	<i>Tachigali chrysaloides</i> Van der Werff	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
18	Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	2	3	3	1	3	Anillos irregulares, textura fina
19	Fabaceae	<i>Albizia carbonaria</i> Britton	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
20	Fabaceae	<i>Myroxylon peruiferum</i> Lf.	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
21	Fabaceae	<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	2	3	3	1	2	Anillos poco distintos, debido al color de la madera
22	Fabaceae	<i>Diptotropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
23	Fabaceae	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	1	3	1	3	1	
24	Fabaceae	<i>Inga cf. Acrocephala</i> Standl.	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (poco visibles) e irregulares
25	Fabaceae	<i>Myroxylon balsamum</i> (K.) Harms	2	3	2	3	2	Anillos poco distintos en partes del leño
26	Fabaceae	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	1	2	1	1	1	
27	Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i> Diels	1	2	3	1	1	
28	Lauraceae	<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez	1	3	2	3	1	
29	Lauraceae	<i>Persea areolatocostae</i> (C.K. Allen) van	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
30	Lauraceae	<i>Aniba panurensis</i> (Meisn.) Mez	1	3	1	3	1	
31	Lauraceae	<i>Caryodaphnopsis fosterii</i> Van der Werff	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas

N°	Familia	Especie	Características Anatómicas					Dificultades encontradas
			D	P	TF	PB	PD	
32	Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb & Rohwer	1	3	1	3	1	
33	Lauraceae	<i>Ocotea argyrophylla</i> Ducke	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
34	Lauraceae	<i>Ocotea gracilis</i> (Meisn.) Mez	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
35	Lauraceae	<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	2	3	2	3	2	Anillos poco distintos en partes del leño
36	Lauraceae	<i>Ocotea leucoxylon</i> (Sw.) de Lanessan	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
37	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
38	Lauraceae	<i>Pleurothyrium brochidodromum</i> Van der Werff	2	3	2	3	3	Presenta anillos irregulares
39	Lauraceae	<i>Pleurothyrium cuneifolium</i> Nees	2	3	2	3	2	Anillos poco distintos en la albura
40	Lecythidaceae	<i>Cariniana decandra</i> Ducke	1	3	1	3	1	
41	Malvaceae	<i>Ceiba samauma</i> (Mart.) J.k. Schum.	2	3	1	1	2	Radios multiseriados hasta de 13 células de ancho
42	Malvaceae	<i>Guazuma crinita</i> Mart.	1	3	2	3	1	
43	Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
44	Malvaceae	<i>Matisia bicolor</i> Ducke	1	3	1	3	1	
45	Malvaceae	<i>Pterygota amazónica</i> L.O. Williams ex Dorr	1	3	1	3	3	Anillos irregulares
46	Meliceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	1	1Y2	3	1	1	
47	Meliceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
48	Meliceae	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
49	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	1	3	1	3	1	
50	Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	3	3	3	2	3	Parénquima en bandas anchas
51	Moraceae	<i>Ficus lauretana</i> Vázq. Avila	3	3	3	2	3	Parénquima en bandas anchas
52	Moraceae	<i>Brosimum multinervium</i> C. C. Berg	1	3	2	3	1	
53	Moraceae	<i>Ficus insípida</i> Willd.	2	3	3	2	3	Parénquima en bandas anchas
54	Moraceae	<i>Poulsenia armata</i> (Miq.) Standl	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
55	Moraceae	<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trecul.	3	3	3	2	3	Anillos irregulares
56	Moraceae	<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pavon) J.F. Macbr	3	3	3	2	3	Parénquima en bandas anchas
57	Moraceae	<i>Pseudolmedia rigida</i> (Kl. & Karst.) Cuatr.	1	3	1	2	1	
58	Myristicaceae	<i>Otoba glydicarpa</i> (Ducke) W. Rodriguez & T.S. Jaramillo	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
59	Myristicaceae	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
60	Myristicaceae	<i>Virola calophylla</i> (Spruce) War.	1	3	2	3	3	Presenta anillos falsos
61	Myristicaceae	<i>Virola calophylla</i> Var. <i>calophylla</i>	1	3	2	3	3	Presenta anillos falsos
62	Myristicaceae	<i>Virola duckei</i> A.C. S.M.	3	3	2	3	3	Anillos indistintos (no visibles)

N°	Familia	Especie	Características Anatómica					Dificultades encontradas
			D	P	TF	PB	PD	
63	Myristicaceae	<i>Virola flexuosa</i> A.C.Sm.	2	3	1	3	2	Presenta anillos falsos
64	Myrtaceae	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVagh	3	3	3	3	3	Anillos irregulares
65	Podocarpaceae	<i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Pilg) C. N. Page	3	-	2	3	3	Anillos estrechos
66	Phyllantaceae	<i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll. Arg.	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
67	Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	3	3	3	3	3	Radios multiseriados de hasta 30 células de ancho
68	Rosaceae	<i>Prunus detrita</i> J.F. Macbr.	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
69	Rhizophoraceae	<i>Sterigma petalum obovatum</i> Kuhlm	2	3	3	2	3	Parénquima en bandas anchas
70	Rubiaceae	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (benth.) Hookf. ex Schum	1	3	1	3	1	
71	Rubiaceae	<i>Calycophyllum megistocaulum</i> (K. Krause) C. M. Taylor	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
72	Rubiaceae	<i>Macrocneum roseum</i> (Ruiz & Pav.) Wedd.	3	3	3	3	3	Anillos irregulares
73	Sapotaceae	<i>Pouteria guianensis</i> Aubl	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
74	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum prieurii</i> A. DC.	2	3	2	2	2	Transición gradual de zonas fibrosas
75	Staphyleaceae	<i>Huerteia glandulosa</i> (Ruiz & Pavon) Steud	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas
76	Theaceae	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H. Keng	2	3	3	3	2	Anillos poco distintos en partes del leño
77	Urticaceae	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	3	3	3	3	3	Anillos indistintos (no visibles)
78	Urticaceae	<i>Coussapoa ovalifolia</i> Trécul	2	3	3	2	3	Parénquima en bandas anchas
79	Urticaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	2	3	1	2	3	Anillos poco distintos en partes del leño
80	Vochysiaceae	<i>Vochysia vismifolia</i> Spruce & Warm.	2	3	2	3	2	Transición gradual de zonas fibrosas

Fuente: BELTRAN y VALENCIA (2012).

Distinción (D)	Porosidad (P)	Transición de zona fibrosa/traqueidas (TF)	Parénquima en bandas (PB)	Potencial dendrocronológica (PD)
A: Distintivo	1: Anillo poroso	1: Abrupta	1: Marginal	1: Bueno
B: Poco distintivo	2: Anillo semiporoso	2: Gradual	2: Bandas anchas	2: Con dificultad
C: Indistinto	3: Poros difusos	3: Ausente	3: Ausente	3: No Posible