

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA Y
DENDROCRONOLÓGICA DE *Guatteria
hyposericea*, *Jacaranda copaia* Y
Pourouma minor DE JUNÍN PERÚ**

Presentado por:

Linda Elvira Zegarra Agüero

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL

Lima - Perú
2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. **LINDA ELVIRA ZEGARRA AGÜERO**, intitulado “ **Caracterización anatómica y dendrocronológica de *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor* de Junín Perú** ”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de **INGENIERO FORESTAL**.

La Molina, 4 de mayo de 2018

.....
Mg. Sc. Moises Acevedo Mallque
Presidente

.....
Dr. Carlos Augusto Reynel Rodríguez
Miembro

.....
Mg. Sc. Miguel Angel Meléndez
Cárdenas
Miembro

.....
Mg. Sc. Manuel Chavesta Custodio
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos y sobrinos.

A Jean, por su amor incondicional, por motivarme cada día y por hacerme creer a diario que soy capaz de absolutamente todo.

¡Gracias!

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento

A mi orientador, Ing. Mg.Sc. Manuel Chavesta Custodio por su disposición, paciencia y apoyo en todo momento.

A la Universidad Nacional Agraria la Molina UNALM, especialmente a mi Facultad de Ciencias Forestales, por haberme permitido formarme en ella, por la infraestructura brindada (sus laboratorios) para la elaboración de este estudio.

A mi maestro y amigo Ing. Mg.Sc. José Marcelo Peña por su apoyo, tanto en Lima como en Brasil, por enseñarme a que uno debe hacer lo que ama.

A mis compañeros tesisistas, por amenizar las tardes de verano en el laboratorio, procesando información y por su ayuda en la fase de campo.

Al laboratorio de dendrocronología, Anatomía e identificación de maderas y (LAIM) del Departamento de Ciencias Forestales, Escuela Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ (Universidad de São Paulo) por brindar apoyo desinteresado en la ejecución de este estudio.

A los amigos hechos durante la estadía en Brasil y que me brindaron todo su apoyo con sus conocimientos sobre anatomía de la madera y dendrocronología: Luiz Santini y Alejandro Venegas.

A mi familia, por el eterno apoyo.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivos estudiar la estructura anatómica, evaluar la potencialidad dendrocronológica y determinar la influencia de la temperatura y precipitación en la formación de los anillos de crecimiento de *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*, usando como método de extracción de muestras, el método no destructivo. El lugar donde se realizó el presente trabajo fue en un bosque secundario ubicado en la provincia de Satipo, departamento de Junín; para el estudio anatómico (con una sonda metálica manual acoplada a un equipo motorizado) y para el estudio dendrocronológico (con el barrenador de Pressler). Se describió la estructura anatómica de la madera de 3 especies: *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*. La descripción de las características generales y macroscópicas se obtuvo de los tarugos obtenidos (en condición seca al aire) y las características microscópicas, de láminas histológicas y tejido macerado, siguiendo lo descrito por IBAMA (1991) y por el IAWA (1989). Las especies mostraron características comunes, entre ellas: el grano recto, la porosidad difusa, el color, y la presencia de anillos de crecimiento marcado por zonas más oscuras; en las que se pudo observar su potencial dendrocronológico. Se aplicaron técnicas de dendrocronología con la información obtenida a través del análisis de los anillos de crecimiento, en relación al crecimiento con los factores externos (climáticos) como la temperatura y precipitación. Para 17 árboles por especie, los anillos de crecimiento fueron sincronizados utilizando los programas COFECHA, ARSTAN y RESPO. Se determinó que cada especie tiene diferente edad (37, 25, 28) años. No se evidenciaron correlaciones significativas para las cronologías de las especies con las variables climáticas estudiadas a nivel anual; sin embargo, las especies presentan correlaciones significativas positivas y negativas tanto de la precipitación como de la temperatura en determinados meses.

Palabras clave: Anatomía, dendrocronología, *Pourouma minor*, *Guatteria hyposericea*, crecimiento

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. Introducción	1
II. Revisión de Literatura	3
1. Descripción de especies.....	3
1.1. <i>Guatteria hyposericea</i>	3
1.1.1. Taxonomía.....	3
1.1.2. Descripción dendrológica.....	3
1.1.3. Descripción de la madera	3
1.2. <i>Jacaranda copaia</i>	4
1.2.1. Taxonomía.....	4
1.2.2. Descripción dendrológica.....	4
1.2.3. Descripción de la madera	4
1.3. <i>Pourouma minor</i>	5
1.3.1. Taxonomía.....	5
1.3.2. Descripción dendrológica.....	5
1.3.3. Descripción de la madera	5
2. Anatomía de la madera	6
3. Dendrocronología	7
3.1. Principios de la dendrocronología	8
3.2. Clima y dendrocronología	11
4. Anillos de crecimiento y dendrocronología en especies tropicales.....	12
III. Materiales y Métodos	15
1. Zona de estudio	15
1.1. Localización geográfica.....	15
1.2. Clima.....	16
2. Materiales y equipos	16
2.1. Materiales de campo	16
2.2. Materiales de laboratorio	17
2.3. Equipos.....	18
3. Metodología	19
3.1. Fase de campo.....	19
3.1.1. Colección e identificación dendrológica	19
3.1.2. Estudio anatómico.....	19
3.1.3. Estudio dendrocronológico	20
3.2. Fase de laboratorio	21
3.2.1. Estudios anatómicos	21
a. Caracterización macroscópica	22
b. Caracterización microscópica	22
b.1. Preparación de láminas histológicas.....	22
b.2. Preparación de tejido macerado	23
3.2.2. Estudio dendrocronológico	24
a. Preparación de muestras para el estudio.....	24
b. Marcación, medición y digitalización de anillos de crecimiento	25
c. Sincronización (co-fechado) de los anillos de crecimiento y serie maestra	26
d. Análisis dendroclimatológico	27
IV. Resultados y discusión	29
1. Descripción anatómica de las especies	29
1.1. <i>Guatteria hyposericea</i> Diels Carahuasca Annonaceae.....	29

1.2.	<i>Pourouma minor</i> Benoist Sachauvilla Cecropiaceae.....	33
1.3.	<i>Jacaranda copaia</i> D.Don Huamanzamana Bignoniaceae	36
2.	Caracterización de anillos de crecimiento.....	41
2.1.	<i>Guatteria hyposericea</i>	41
2.2.	<i>Jacaranda copaia</i>	42
2.3.	<i>Pourouma minor</i>	43
3.	Análisis dendrocronológico de los anillos de crecimiento	44
3.1.	Control de calidad de series de anillos de crecimiento (cofechado).....	44
3.2.	Obtención de cronologías de las especies.....	47
3.3.	Análisis dendroclimatológico	51
3.3.1.	Respuesta climática en el crecimiento de las especies.....	54
V.	Conclusiones	61
VI.	Recomendaciones	63
VII.	Referencias bibliográficas	64
VIII.	Anexos.....	71

Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Valores estadísticos para las 3 especies estudiadas	40
Tabla 2: Resultados del control de calidad de las series ejecutadas en el programa COFECHA	44
Tabla 3: Coeficientes de correlación de Pearson entre las series cronológicas y las variables climáticas	53
Tabla 4: Coeficiente de correlación de Pearson entre la cronología máster y los valores mensuales de PP (mm) y Temperatura media (° C) para las 3 especies	54

Índice de figuras

	Página
Figura 1: Mapa de ubicación del Fundo Santa Teresa, Satipo.....	15
Figura 2: Colección de muestras de madera.....	21
Figura 3: Preparación de láminas histológicas	23
Figura 4: Preparación de muestras para el estudio.....	25
Figura 5: Marcación, medición, digitalización y sincronización de anillos de crecimiento	27
Figura 6: Corte transversal de <i>Guatteria hyposericea</i>	31
Figura 7: Corte radial de <i>Guatteria hyposericea</i>	31
Figura 8: Corte tangencial de <i>Guatteria hyposericea</i>	31
Figura 9: Elemento Vascular de <i>Guatteria hyposericea</i>	32
Figura 10: Fibra de <i>Guatteria hyposericea</i>	32
Figura 11: Corte transversal de <i>Pourouma minor</i>	34
Figura 12: Corte radial de <i>Pourouma minor</i>	34
Figura 13: Corte tangencial de <i>Pourouma minor</i> . Puntuaciones intervasculares en corte tangencial de <i>Pourouma minor</i>	34
Figura 14: Elemento vascular de <i>Pourouma minor</i>	35
Figura 15: Fibra de <i>Pourouma minor</i>	35
Figura 16: Corte transversal de <i>Jacaranda copaia</i>	37
Figura 17: Corte radial de <i>Jacaranda copaia</i>	37
Figura 18: Corte tangencial de <i>Jacaranda copaia</i>	37
Figura 19: Variabilidad de ancho de anillos en <i>Guatteria hyposericea</i>	41
Figura 20: Variabilidad de ancho de anillos en <i>Jacaranda copaia</i>	42
Figura 21: Variabilidad de ancho de anillos en <i>Pourouma minor</i>	43
Figura 22: Series individuales de ancho de anillos para 25 muestras de <i>Guatteria hyposericea</i>	45
Figura 23: Series individuales de ancho de anillos para 21 muestras de <i>Jacaranda copaia</i>	46
Figura 24: Series individuales de ancho de anillos para 18 muestras de <i>Pourouma minor</i> ...	46
Figura 25: Series del ancho de anillos del crecimiento original (superior), serie cronológicas filtrada por COFECHA y obtenida con ARSTRAN (medio) y número de muestras utilizadas en el análisis de <i>Guatteria hyposericea</i> (inferior).....	48

Figura 26:	Series del ancho de anillos de crecimiento original (superior), serie cronológicas filtrada por COFECHA y obtenida con ARSTRAN (medio) y número de muestras utilizadas en el análisis de <i>Jacaranda copaia</i> (inferior)	49
Figura 27:	Series del ancho de anillos de crecimiento original (superior), serie cronológicas filtrada por COFECHA y obtenida con ARSTRAN (medio) y número de muestras utilizadas en el análisis de <i>Pourouma minor</i> (inferior)	50
Figura 28:	Temperatura y Precipitación mensual registradas durante el periodo (1979-2015)	52
Figura 29:	Correlaciones entre los índices de los anillos de crecimiento de <i>Guatteria hyposericea</i> con las variables climáticas (temperatura media mensual y precipitación media mensual), de la región para la plantación.	56
Figura 30:	Correlaciones entre los índices de los anillos de crecimiento de <i>Jacaranda copaia</i> con las variables climáticas (temperatura media mensual y precipitación media mensual), de la región para la plantación.	58
Figura 31:	Correlaciones entre los índices de los anillos de crecimiento de <i>Pourouma minor</i> con las variables climáticas (temperatura media mensual y precipitación media mensual), de la región para la plantación.	60

Índice de anexos

	Página
Anexo 1 Inter-correlación de las series cronológicas a partir de los anchos de anillos de crecimiento para la especie <i>Guatteria hyposericea</i>	71
Anexo 2 Inter-correlación de las series cronológicas a partir de los anchos de anillos de crecimiento para la especie <i>Jacaranda copaia</i>	72
Anexo 3 Inter-correlación de las series cronológicas a partir de los anchos de anillos de crecimiento para la especie <i>Pourouma minor</i>	73
Anexo 4 Variables meteorológicas estación ‘‘Satipo’’	74
Anexo 5 Datos obtenidos de la página web CLIMATE EXPLORER (PERIODO 1979 - 2015)	76
Anexo 6 Constancia de determinación botánica.....	78

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques del Perú se encuentran entre las áreas más importantes de biodiversidad y endemismo del planeta. El valor y potencial de esta biodiversidad son incalculables, y su exploración; aún incompleta, sigue en avance. Dentro de estos bosques ricos en especies forestales, se tienen a los de Satipo; sin embargo, su población arbórea ha sido afectada debido a una tala selectiva, consumiendo las maderas más valiosas; y con esto, la actividad forestal se constituye en el rubro económico de mayor importancia hasta el día de hoy (Marcelo-Peña y Reynel 2014). Pese al amplio uso de las especies forestales del lugar, las características anatómicas y dendrocronológicas de su flora arbórea, aún no han sido estudiadas en su totalidad.

Estudios anatómicos de la madera realizados en esta región, son escasos; y los esfuerzos están principalmente orientados a especies de importancia maderable. Estudios de caracterización anatómica están basados en la estructura de la madera; y dentro de éstos, la caracterización de los anillos de crecimiento es clave para las investigaciones dendrocronológicas; cabe resaltar que las especies *Guatteria hyposericea*, y *Pourouma minor* aún no han sido estudiadas anatómicamente; por lo que la información generada será de gran importancia para sus futuras aplicaciones.

La dendrocronología es una ciencia altamente utilizada en la datación de los árboles, cuyo crecimiento tiene una relación directa con el medio ambiente y con el clima; además, su aplicación conduce a la reconstrucción climática de épocas sin registro a través de la dendroclimatología (Worbes 2004).

El presente estudio tiene como objetivo estudiar la estructura anatómica, evaluar la potencialidad dendrocronológica y determinar la influencia de la temperatura y precipitación en la formación de los anillos de crecimiento de *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. DESCRIPCIÓN DE ESPECIES

1.1. *GUATTERIA HYPOSERICEA*

1.1.1. TAXONOMÍA

Clasificación taxonómica según García (2015)

- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Magnoliales
- Familia: Annonaceae
- Nombre científico: *Guatteria hyposericea* Diels
- Nombre común: Carahuasca (Perú) (Reynel *et al.* 2003)

1.1.2. DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA

Hojas: pecíolo de 0,5-1 cm de longitud aplastado y deprimido, ligeramente más espeso y negruzco en la parte proximal. Limbo de 12-17 x 3-5 cm, estrechamente obovado, papiráceo y bastante rígido, la haz glabra y obscureciéndose al secarse; el envés seríceo-piloso; base aguda; acumen de 1,5-2,5 cm de longitud; nervio principal plano o levemente impreso en la haz y marcado por una línea más o menos continua de pelos pegados a su superficie y amarillos en esta cara, 12-16 pares de nervios secundarios. Inflorescencias: axilares, de 1 o 2 flores. Flores: pedicelo de 13-18 mm de longitud, articulados en la mitad, seríceo. Frutos: pedúnculo de la infructescencia de 2,5-3 cm de longitud (Spichiger *et al.* 1990)

1.1.3. DESCRIPCIÓN DE LA MADERA

Para el género *Guatteria*: Madera amarillenta, a veces un poco cobriza, densidad muy fina, suave y ligera (0,50-075 g / cm³), poros difusos, solitarios o radialmente juntos por 2 o 3, grandes (150-200 μ). Perforaciones de elementos vasculares únicos; tamaño de los huecos intervasculares que van desde 7 hasta 10 u. Parénquima en escala con rayos (6 a 10 líneas por mm) filas de células compuestas de 3-4 elementos. Radios (2-3 por mm) de ancho por 4

a 8 células, estructura sub-homogénea muy ligeramente heterogéneas (células que recubren menos alargadas que las otras). Células mucilaginosas más o menos bien diferenciadas. Puntuaciones radiovasculares idénticas en tamaño a las intervasculares. Fibras con punteaduras aeroladas. (Détienne y Jacquet, 1983)

1.2. **JACARANDA COPAIA**

1.2.1. **TAXONOMÍA**

Clasificación taxonómica según Cuatrecasas (2009):

- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Lamiales
- Familia: Bignoniaceae
- Nombre científico: *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don
- Nombre común: Huamanzamana (Perú) (Lluncor 2011)

1.2.2. **DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA**

Árboles que alcanza 45 m de altura. Hojas: bipinnadas, de 15-16,5 cm de largo con 6-10 pares de pinnas subopuestas; cada pinna mide 15-30 cm y tiene 5-25 folíolos y un raquis marginado. Pecíolo lenticelado de 3,5-29 cm. Limbo foliolar de 1,5-8 x 0,8-2,5 cm, rombo-elíptico, asimétrico, membranáceo, disco loro; base asimétrica atenuada; ápice agudo o acuminado; margen ondulado; nervio principal impreso en el haz y saliente en el envés al igual que los nervios secundarios. Inflorescencias: panículas terminales de 60 cm o más de largo; ejes y pedúnculos lenticelados. Flores: con cáliz cupular, más o menos truncado e irregularmente pentadentado, pubescente. Frutos: cápsulas oblongas y achatadas de 6,2-12,7 x 3,3-6 cm. (Spichiger *et al.* 1990).

1.2.3. **DESCRIPCIÓN DE LA MADERA**

Según Aróstegui (1974) y León (2007), mencionan que la madera de color amarillo, sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor ausentes. Lustre mediano a alto. Textura fina a mediana. Grano recto. Blanda y liviana a moderadamente dura y pesada. Anillos de crecimiento definidos a ligeramente definidos por reducción del diámetro radial de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón de disposición definida, solitaria y múltiple radial de 2-3, predominantemente solitaria. Fibras no septadas. Parénquima predominantemente

paratraqueal aliforme de ala extendida, confluyente; ocasionalmente unilateral y en bandas cortas. Radios homocelulares de células procumbentes y algunos heterocelulares con una ruta de células marginales.

1.3. ***POUROUMA MINOR***

1.3.1. **TAXONOMÍA**

Clasificación taxonómica según Herbario virtual UDBC (2009):

- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Rosales
- Familia: Cecropiaceae (AGP: Urticaceae)
- Nombre científico: *Pourouma minor* Benoist
- Nombre común: Sachauvilla (Perú) (Gonzales 2002)

1.3.2. **DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA**

Árboles de hasta 25 m de alto. Hojas enteras, angostamente elípticas, 10–30 cm de largo y 4–12 cm de ancho, pinnatinervias con 15–25 pares de nervios secundarios, aplicado-aracnoides en el envés; pecíolos 2–8 cm de largo, acostillados, aplicado-pubescentes. Flores pistiladas en umbelas, pedicelo no cupuliforme en el ápice (Tropicos 2009).

1.3.3. **DESCRIPCIÓN DE LA MADERA**

Sin diferenciación de coloración entre albura y duramen. En condición seca al aire, la madera es de color café grisáceo. El grano es oblicuo, la textura es media y el brillo o lustre es regular. La porosidad es difusa y el parénquima es paratraqueal de tipo vasicéntrico, aliforme y en bandas más o menos continuas. Los radios en su mayoría son multiseriados y de tipo heterogéneo. (Carpio 2003)

2. ANATOMÍA DE LA MADERA

La anatomía de la madera desde hace muchos años, es un importante instrumento en la solución de cuestiones taxonómicas, evolutivas y ecológicas. (Tomazello *et al.* 2004)

Las características anatómicas de la madera pueden ser utilizadas como un índice del grado de evolución de las especies. Se han establecido correlaciones entre anatomía del leño y filogenia. Dichas correlaciones se han realizado de forma independiente para diferentes características. Dentro del reino vegetal, las gimnospermas son más primitivas que las angiospermas, presentando un leño con una constitución anatómica simple y homogénea (Burger y Richter 1991). Partiendo de este punto, se puede decir que la ausencia de vasos y fibras, presencia de células de gran longitud y la ausencia de estructura estratificada son condiciones primitivas (León y Espinoza de Pernia 2001).

Las condiciones ambientales tienen influencia directa sobre la estructura de la madera, pudiéndose encontrar especies que muestran una alta variabilidad, por ejemplo en cuanto a tipo de porosidad, debido a la variación ambiental (Roig 1986). La ecoanatomía de la madera se fundamenta en las correlaciones que existen entre factores ambientales y algunas características anatómicas de la madera las cuales se pueden considerar como estrategias adaptativas (Baas y Miller 1985)

La identificación macroscópica de maderas posee un gran valor práctico, ya que se requieren instrumentos simples, de bajo costo, además de que se pueden realizar en cualquier lugar, disponiéndose de una lupa cuenta hilos (10 aumentos) y una cuchilla bien afilada. Entretanto, algunos autores como Burger y Richter (1991) señalan que ese tipo de identificación, muchas veces es insuficiente, pero ni siquiera dos pedazos de madera de una misma especie son iguales, requiriendo un análisis más minucioso. En este caso, se recurre al análisis microscópico de la madera, preparando secciones histológicas del leño para posteriormente analizarse en microscopio óptico. Este tipo de análisis permite la visualización de características anatómicas peculiares a cada especie, que posibilitan su correcta identificación.

3. DENDROCRONOLOGÍA

La palabra Dendrocronología proviene del griego "Dendro" que significa "árbol", "Cronos" que significa "tiempo" y "logos" que significa "ciencia o conocimiento". Según Fritts (1976) es la disciplina que estudia, registra y reconstruye los fenómenos meteorológicos, los incendios forestales, actividad volcánica, entre otras características en los anillos de crecimiento de los árboles. Por lo tanto, es el campo de la Ciencia Forestal que se centra en el estudio de los anillos de crecimiento o capas de madera y su relación con la edad de los árboles, incluyendo la aplicación de la información registrada en su estructura para estudios ambientales y de historia, (Tomazello *et al.* 2001).

Las técnicas dendrocronológicas son esenciales para estudiar la producción de madera en el bosque y para estimar el ciclo de corte óptimo de las especies maderables, además del modelo basado en el crecimiento de estos procesos para obtener pronósticos sobre la producción de la especie (Fritts 1976). Aprovecha parámetros mensurables de la estructura de anillos, determinando el año exacto de su formación, para deducir condiciones medioambientales del pasado, tales como el clima, plagas, incendios forestales, actividad volcánica, contaminación, etc. (Kaennel y Schweingruber 1995).

El método de extracción de las muestras de madera del tronco del árbol se puede dividir en método destructivo y no destructivo. La primera comprende la aplicación de los métodos convencionales para la extracción de muestras de madera, considerando el corte de los árboles. El método no destructivo consiste en la extracción de muestras de madera de los árboles, utilizando sondas metálicas manuales o acopladas a equipos motorizados, lo que permite el análisis de las propiedades y características de la madera, teniendo como principal ventaja el mantenimiento de la integridad del árbol en su ecosistema natural o plantación (Ross *et al.* 1998; Castro 2011).

La dendrocronología es por naturaleza una ciencia multidisciplinaria, dirigiendo las investigaciones para diferentes y diversos objetivos y aplicaciones, como la dendroclimatología, dendroecología, dendroquímica, dendroarqueología, dendrogeomorfología, dendroglaciología, dendroentomología, etc. (Tomazello Filho *et al.* 2001). Además, esta ciencia se complementa con otras metodologías para estudios de reconstrucciones climáticas con el objetivo de verificar el efecto del cambio climático (Neukom *et al.* 2011; citado por Venegas 2013).

El método no destructivo usado para la obtención de leño para la futura caracterización anatómica de las especies, no presenta realmente muchas diferencias visibles con respecto al método destructivo, ya que se han podido evaluar las mismas características macro y micro anatómicas, que se evalúan con el método tradicional (talar árboles). Además, este método representa un menor coste para obtener dichas muestras de madera, y es más amigable con el ambiente al poder realizar el estudio dejando vivos a los árboles.

3.1. PRINCIPIOS DE LA DENDROCRONOLOGÍA

La dendrocronología se fundamenta en una serie de principios, considerados como ‘leyes de la ciencia’. Esos principios fueron enunciados a partir de 1785 (principio de uniformidad), siendo el más reciente el de 1987 (principio de agregación de los factores ambientales). Algunos principios, como el de la repetición, son comunes a otras ciencias, pero las investigaciones dendrocronológicas deben necesariamente, atender a todos los principios (Borlina *et al.* 2001).

León y Espinoza de Pernia (2001); Tomazello *et al.* (2001) describen los principios de la siguiente manera:

- 1. Principio de uniformidad:** este principio afirma que los procesos físicos y biológicos que influyen en el crecimiento de un árbol en la actualidad, estuvieron presentes en el pasado (McCarthy, 1998). Es decir, que al conocer las condiciones climáticas predominantes en el pasado, mediante el estudio de los anillos de crecimiento, se puede predecir las condiciones ambientales en el futuro. Sin embargo, el principio de uniformidad no quiere decir que las condiciones del pasado son exactamente iguales a las del presente, sino que condiciones parecidas afectan similares tipos de procesos (Grissino-Mayer 2001).
- 2. Principio de Factores limitantes:** este principio indica que el proceso de crecimiento de la planta puede ocurrir sólo tan rápido como lo permita el factor que actúa como principal limitante. Cuando las condiciones son limitantes, muchos factores relacionados con el proceso de crecimiento son limitados, produciéndose menor cantidad de células, anillos estrechos y las características de las células y densidad de la madera varían en función de que factor actúa como limitante (Fritts 1976).

- 3. Principio de amplitud ecológica:** cada especie, dependiendo de su genotipo (el cual determina en combinación con los factores ambientales su fenotipo), puede crecer, reproducirse y dispersarse sobre cierto rango de hábitats que puede ser amplio, estrecho o restringido (Grissino-Mayer 2001). Este rango es conocido como amplitud ecológica (Fritts 1976). Este principio es importante puesto que muchas de las especies útiles en los estudios dendrocronológicos, a menudo se encuentran cerca de su ámbito natural de desarrollo (Mc Carthy 1998)
- 4. Principio de crecimiento agregado:** establece que cualquier serie individual o proceso de crecimiento en un árbol puede ser separado en un conjunto de factores agregados que afectan el patrón de crecimiento del árbol a través del tiempo. Por ejemplo, el crecimiento que se produce en un año está en función de factores agregados como la edad, clima, ocurrencia de eventos dentro y fuera del bosque. Para elevar la relación o influencia que tiene un factor ambiental en específico, los otros factores deben ser minimizados. Por ejemplo, al maximizar la señal correspondiente al clima, se debe eliminar la tendencia relacionada con la edad y los árboles y los sitios seleccionados deben minimizar la posibilidad de acción de la presencia de factores externos o internos que puedan afectar el crecimiento (Mc Carthy 1998; Grissino-Mayer 2001). El modelo puede ser una afirmación, ecuación o diagrama que representa un conjunto básico de factores y sus interrelaciones (Fritts 1976).

Este principio fue expresado matemáticamente más tarde por Mc Carthy (1998), de la siguiente manera:

$$R_t = f(A_t + C_t + \delta D1_t + \delta D2_t + E_t)$$

Dónde:

R_t: Serie del ancho de los anillos de crecimiento observados;

A_t: Tendencia en el ancho de los anillos de crecimiento relacionadas al tamaño y la edad de los árboles;

C_t: Señal climáticamente relacionado con el ambiente;

δ: Indicador binario relacionado con la presencia (δ=1) o ausencia (δ=0) del disturbio;

D1_t: Disturbios causados por perturbaciones endógenas y de la acción localizada;

D2t: Disturbios causados por perturbaciones exógenas que actúan a nivel poblacional;

Et: Variabilidad (año a año) no relacionadas con los demás factores;

t: Año relacionado con cada factor.

5. **Principio de sincronización (Cross-dating):** el principio de sincronización es básico en la dendrocronología y dendroecología, y consiste en asignar a cada anillo el año exacto de su formación. El ancho de los anillos anuales tiene que ser sincronizado entre radios del mismo árbol y entre árboles de un mismo rodal. Las variaciones en las características del anillo, especialmente del ancho, se examinan y acoplan de forma sincronizada entre todas las muestras de una región determinada. Si hay suficiente covariancia entre los anillos en diferentes árboles y la muestra es lo suficientemente grande, el año en que cada anillo se formó se puede determinar correctamente (Fritts 1976).

6. **Principio de selección de sitio:** los sitios útiles para la dendrocronología pueden ser identificados y seleccionados con base en criterios donde se indique que se producirán series de anillos sensibles a las variables ambientales de donde están siendo examinadas. La dendrocronología debe seleccionar sitios donde se maximizará la señal que está siendo investigada (McCarthy 1998). Por tanto, la dendrocronología requiere que sus muestras estén afectadas similarmente por un conjunto determinado de factores limitantes, así como también el muestreo es deliberadamente estratificado para resaltar observaciones de esa población de ancho de anillos que contiene la información deseada, pero es restringida a una especie en particular para mantener la respuesta genética más o menos constante (Fritts 1976).

7. **Principio de sensibilidad:** la variación del ancho de los anillos como consecuencia de la presencia de un factor limitante recibe el nombre de **sensibilidad**, mientras que la carencia de variación recibe el nombre de **complacencia**, así como también estas variaciones se pueden calcular para cada individuo o especie a partir de mediciones y pueden ser expresadas como un estadístico llamado sensibilidad media (mean sensitivity), la cual es una medida de la diferencia relativa del ancho entre anillos adyacentes (Fritts 1976). Los árboles muestran anillos sensibles cuando su crecimiento es afectado por factores, tales como la pendiente, suelos pobres, poca humedad. La presencia de anillos complacientes se produce bajo la acción de

condiciones climáticas constantes, tales como medias anuales de precipitación altas, suelos fértiles o crecimiento en regiones protegidas (Mc Carthy 1998).

8. **Principio de replicación:** este principio indica que se debe tomar más de una muestra del radio del tallo por el árbol y más de un árbol por sitio. Esto permite realizar comparaciones estadísticas de variabilidad entre árboles y entre grupos de árboles. Las mediciones de esta variación proporcionan información valiosa sobre como los factores del sitio y clima controlan el crecimiento Frits (1976). Al tomar más de una serie de anillos por árbol se reduce más la variación dentro de un mismo árbol (Grissino-Mayer 2001).

3.2. CLIMA Y DENDROCRONOLOGÍA

La Dendroclimatología es una rama de la Dendrocronología que usa el análisis de los anillos de crecimiento para reconstruir y estudiar el clima presente y pasado (Kaennel & Schweingruber, 1995). Si bien hay diferentes métodos para estudiar la relación entre el clima y el crecimiento forestal, los estudios dendrocronológicos son muy valiosos para determinar cambios a largo plazo de las especies leñosas como resultado de condiciones climáticas más cálidas y variables (Andreu *et al.* 2007).

Es muy importante saber para qué periodo es fiable la cronología que hemos obtenido. Determinar el periodo fiable es importante por dos razones fundamentales. Una, porque no todas las series tienen la misma longitud y dos, porque el grado de sincronización (determinado por el coeficiente de correlación) entre series puede variar y no ser significativo a lo largo del periodo cubierto por la cronología.

La primera reconstrucción dendroclimática del trópico fue realizada en Java por Berlage quien en 1931 reconstruyó 415 años de precipitaciones con anillos de *Tectona grandis* (Worbes 2004). Por otro lado, en la costa Norte de Perú donde el fenómeno El Niño-Southern Oscillation (ENSO) se hace más evidente, allí donde los árboles responden muy bien a la fase lluviosa Rodríguez *et al.* (2005) realizaron el primer estudio dendrocronológico de la región: construyeron cronologías cortas de los anillos de *Bursera graveolens* que muestran respuesta al ENSO durante los últimos 50 años.

4. ANILLOS DE CRECIMIENTO Y DENDROCRONOLOGÍA EN ESPECIES TROPICALES

El crecimiento de los árboles está determinado por la actividad cambial durante un período específico de años, dando como resultado la formación de anillos de crecimiento. En general, los anillos de los árboles en las plantas leñosas son inducidos estacionalmente alternando las condiciones de crecimiento favorable y desfavorable (Worbes 2004).

La existencia de anillos de crecimiento en los árboles tropicales es el primer requisito para considerar una especie como potencial para la dendrocronología ya que los anillos de crecimiento tienen características que los hace una fuente valiosa para diversas investigaciones. Rosero (2009) indica que no todas las especies arbóreas del bosque tropical son ideales para estudios de dendrocronología y, en muchos casos; es difícil visualizar una demarcación clara de los límites de los anillos de crecimiento. Su análisis es entonces más difícil que el de zonas templadas y boreales, debido a la compleja estructura anatómica de los árboles tropicales, condiciones de sitio, especies que forman más de un anillo por año (periodicidad), escasa información sobre la ecología del crecimiento para muchas especies, entre otros aspectos (Beltrán y Valencia 2012); sin embargo, diferentes estudios demuestran la existencia de anillos anuales de crecimiento en muchas especies de árboles tropicales (Tomazello *et al.* 2004); debido a que muchos de los climas tropicales tienen estaciones predecibles con un exceso o escasez de disponibilidad de agua, cambios estacionales en la temperatura o una combinación de ambos, lo que origina la formación de los anillos de crecimiento (López *et al.* 2002).

Otros sugieren que en el trópico se forman anillos anuales sólo en climas estacionalmente secos o en bosques estacionalmente inundados (Brienen y Zudeima 2005); sin embargo, el descubrimiento de anillos anuales en varias especies de la Estación Biológica La Selva, Costa Rica, bajo un clima ecuatorial con precipitaciones superiores a 4000 mm anuales y promedios mensuales superiores a 100 mm, ha hecho afirmar a los autores que la anualidad de los anillos en árboles tropicales se debe extender a todas las condiciones en que pueden crecer los árboles en el trópico (Fichtler *et al.* 2003).

Campos *et al.* (2008) mencionan que en maderas latifoliadas; los anillos de crecimiento puede destacarse 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 (sólo visible bajo microscopio), concentración o mayor tamaño 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).

En el Perú, Rosero (2011) al estudiar *Bursera graveolens* y *Loxopterygium huasango* pudo comprobar la influencia del fenómeno de niño de 1997-1998 en el crecimiento en diámetro de sus árboles, siendo mucho más marcado en esta última especie pudiéndose definir como una especie sensible a cambios climáticos y de gran potencial para estudios de reconstrucción climática en la costa norte. La variable climática determinante para el mayor crecimiento en diámetro del tronco de los árboles fue la precipitación anual acumulada de Lambayeque.

Rodriguez *et al.* (1993) seleccionaron árboles de *Capparis angulata*, *Bursera graveolens* y *Loxopterygium huasango*, determinando las curvas del incremento radial del tronco, obteniendo una alta correlación de los índices de anchura de los anillos y los niveles de precipitación.

Becerra en el 2008, al estudiar a la *Cedrela odorata*, *Retrophyllum rospigliosii Pilger* y *Prumnopitys harmsiana* obtuvo como resultado que las tres especies mostraron un gran potencial dendrocronológico y densitométrico, siendo el Cedro, el que sobresalió por su estructura anatómica, ya que sus anillos, fueron fácilmente distinguibles y medibles; formados por madera temprana y madera tardía, la primera generalmente de color más claro que la segunda.

Zúñiga (2012) en su estudio de la especie *Tectona grandis* L. f., concluyó que la especie tiene una relación directa entre el crecimiento en diámetro del fuste y la precipitación, es decir la correlación es alta entre el crecimiento y la precipitación.

Campos (2009) al estudiar la *Cedrelinga cateniformis Ducke*, concluyó que mostraron tener una relación entre el crecimiento en diámetro del tronco, y la precipitación durante época de lluvias (Enero – Abril y Mayo), indicando su potencial para reconstrucciones climáticas en la Región.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. ZONA DE ESTUDIO

1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Las tres especies empleadas en el estudio provienen del este del departamento de Junín, provincia de Satipo, distrito de Río Negro, Fundo Santa Teresa perteneciente al Instituto Regional de Desarrollo de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Figura 1). Abarca una extensión de 300 ha, ubicado a 9,5 km de la ciudad de Satipo sobre la Carretera Marginal a 850 m.s.n.m. (Lozada y Arellano 2008). Según el mapa de zonas de vida de Holdridge (1978) el área se encuentra en un bosque húmedo Premontano Tropical (bh-PT). La región se caracteriza por presentar predominantemente un paisaje montañoso con pendientes elevadas.



Figura 1: Mapa de ubicación del Fundo Santa Teresa, Satipo

FUENTE: *Elaboración propia*

1.2. CLIMA

En la cordillera Subandina (sector central de la provincia de Satipo), cuya área es la más amplia de la provincia, con temperaturas que van de 20 a 28 °C; y precipitaciones promedio anual que varían desde 1500 a 2000 mm. El clima predominante es de moderadamente húmedo y semicálido con déficit moderado de agua en la estación de invierno (julio-agosto). El sistema Thornthwaite, clasifica al clima como B3 r B'4 a' (húmedo, poco déficit de pp en cualquier estación) (Senamhi). Comprende las ciudades de los distritos de Río Negro y Satipo, así como la parte baja de los distritos de Coviriali, Llaylla y San Martín de Pangoa; la cuenca baja del río Perené y la margen izquierda del río Tambo (IIAP 2010).

2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.1. MATERIALES DE CAMPO

- 01 Paquete de sorbetes
- 03 Plumón indeleble delgado
- 01 Libreta de campo
- 03 Cinta Masking tape
- 01 Tijera
- 02 Pintura en spray (marcado de árboles)
- 01 Cinta diamétrica
- 01 Botella de Plástico de 3 l
- 01 Machete
- Clavos de ½ pulgada
- 01 Martillo
- 01 Navaja

2.2. MATERIALES DE LABORATORIO

- Lijas de diferentes granos (100 a 1000 grano.pulgada⁻²)
- Porta muestras de madera
- Tabla de madera
- 01 Soporte de metal para fijar la madera a la mesa
- Pegamento para madera
- 01 Pincel
- 01 Lupa de 10x
- Solución de glicerina y agua 1:1
- Alcohol (30°, 60°, 90°)
- Agua destilada
- Solución de safranina al 1% en alcohol de 90°
- Hipoclorito de sodio al 20%
- Placas Petri
- Porta objetos tamaño standard 76 x 26 mm
- Cubre objetos 18 x 18 mm
- Cubre objetos 22 x 22 mm
- Vasos pírrex graduados
- Pincel pelo de Martha #5
- Papel toalla
- Papel aluminio
- Xilol

- Merkglass

2.3. **EQUIPOS**

- 01 Barreno de Pressler (5,15 mm de diámetro, 400 mm de largo)
- 01 Lijadora orbital SKIL
- 01 Scanner HP Scanjet 3800
- 01 Microscopio Estereoscópico de disección (M18SL)
- 01 Microscopio binocular con cámara digital acoplada.
- 01 GPS Garmin 62
- 01 Cámara fotográfica Canon ELPH 180
- 01 Micrótopo Leica, modelo SM 2010 R
- 01 Estufa
- 01 Extractor motorizado
- Programa Image Pro Plus
- Software Dendrochronology Program Library (DPL): COFECHA, ARSTAN y Respo.
- Información SENAMHI y de Climate Explorer (página web)

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el estudio anatómico y dendrocronológico comprende las siguientes fases:

3.1. FASE DE CAMPO

En la colección de muestras en campo, se tomaron las coordenadas de cada árbol; la altitud sobre el nivel del mar, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total (HT), además se obtuvieron las muestras de leño con el Barreno de Pressler y con el extractor motorizado a la altura del DAP.

Según Cury (2002) la posibilidad de la colecta de muestras de leño del tronco de los árboles con sondas metálicas acopladas a un motor por el método no destructivo, se constituye en una alternativa eficiente para los estudios anatómicos, puede ser ampliamente utilizada en áreas con restricción de corte de árboles, como parques, reservas, etc., pudiendo retornar posteriormente, para análisis complementarios en los árboles de estudio.

3.1.1. COLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DENDROLÓGICA

Se realizará la colecta del material dendrológico para las tres especies del estudio: *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*, posteriormente éstas serán llevadas para su identificación al Laboratorio de Dendrología y Herbario Forestal (MOL) de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, dónde finalmente serán depositadas (ANEXO 6).

3.1.2. ESTUDIO ANATÓMICO

Las muestras de madera de los árboles seleccionados para la caracterización anatómica, se obtuvieron aplicando el método no destructivo, utilizando una sonda metálica acoplada a un extractor motorizado. Se extrajeron tarugos de madera de 10 x 1,2 cm (longitud x diámetro) en sentido radial de 3 árboles para cada una de las especies: *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*; siendo extraídas 1 muestra de madera por árbol al nivel del DAP del tronco.

El orificio realizado en el tronco de los árboles fue cubierto con un tarugo de madera del mismo tamaño de la muestra extraída) tratado con solución preservativa de Borato de Cobre Cromo (CCB). Los tarugos de madera extraídos se colocaron en tubos de plástico y se transportaron para su análisis al Laboratorio de Dendrocronología, anatomía e identificación de maderas (LAIM) del Departamento de Ciencias Forestales de la Escuela

Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de la Universidad de São Paulo, además se dejaron muestras en el Laboratorio de Anatomía e Identificación de Maderas de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM)

3.1.3. ESTUDIO DENDROCRONOLÓGICO

Se tiene que tener especial cuidado en obtener muestras de árboles de la misma especie con diámetros similares.

Para la colección de muestras de madera de *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*; se realizaron los siguientes pasos (Figura 2):

- a) Identificación y marcación de árboles con pintura.
- b) La extracción de las muestras de leño de los árboles, fue hecha a través del método no destructivo, que consiste en retirar unos tarugos de madera con ayuda del barreno o Sonda de Pressler (5,15 mm de diámetro, 400 mm de largo), hasta llegar a la zona de la médula del árbol. Se colectaron 2 muestras radiales del leño (distantiadas a 180°) por árbol, de 17 árboles por especie, haciendo un total de 102 muestras para las tres especies. Esta extracción fue realizada al nivel del DAP del tronco de los árboles seleccionados.
- c) Las muestras extraídas con el barreno de Pressler, fueron identificadas y acondicionadas en sorbetes de plástico, sellando los extremos con cinta masking tape, para su codificación. Las muestras fueron colocadas en un recipiente de plástico a fin de no maltratarlas y evitar caídas y pérdidas, luego fueron transportadas para el Laboratorio de Anatomía de la madera (LAM) de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria la Molina.



(A) Identificación y marcación de árboles (B) Barrenado del árbol (C) Obtención de la muestra del leño (D) Acondicionamiento para su transporte final

Figura 2: **Colección de muestras de madera**

FUENTE: Elaboración propia

3.2. FASE DE LABORATORIO

3.2.1. ESTUDIOS ANATÓMICOS

El estudio anatómico de la madera se realizó en base a la Norma del IBAMA (1991) y la List of microscopic features for hardwood identification del IAWA (1989).

El estudio anatómico comprende:

a. Caracterización macroscópica

Para la caracterización macroscópica, se utilizó una lupa de 10x de aumento para visualizar características como: color, poros, textura, poros e inclusiones, parénquima y radios.

b. Caracterización microscópica

Para realizar la caracterización microscópica, se realizó:

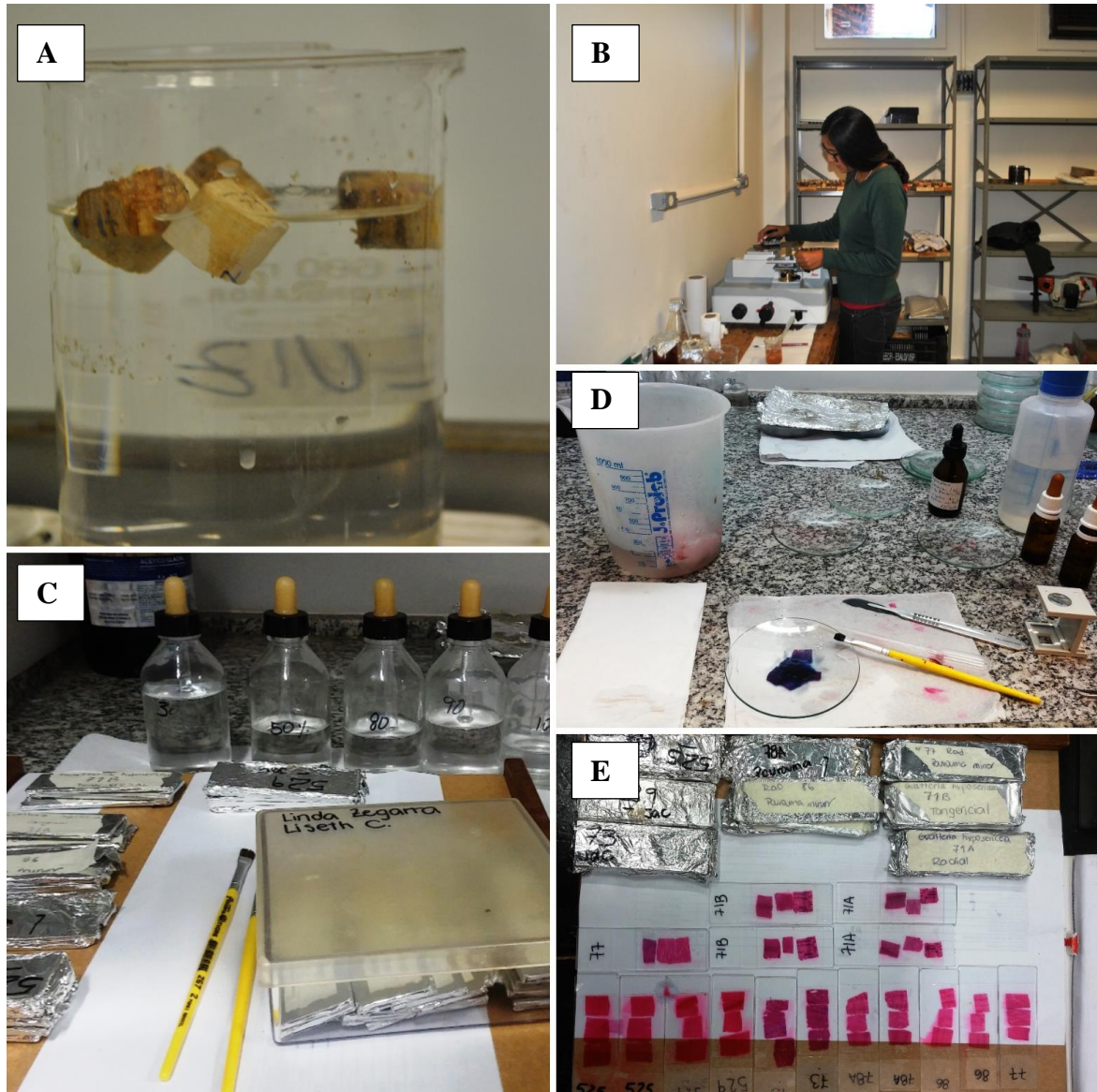
b.1. Preparación de láminas histológicas

Para la descripción anatómica microscópica de las muestras, se prepararon cubitos de madera de 1x1x1.5 cm, orientados en sus 3 planos de corte y se siguieron los siguientes pasos (Figura 3), siguiendo la metodología propuesta por el Laboratorio de Anatomía de La madera de la UNALM.

- **Ablandamiento de cubos:** se realizó colocando los cubos en un recipiente que tenga una solución de agua y glicerina en proporción 1:1. El tiempo de ablandamiento está en función directa con la densidad, por tanto el tiempo de ablandamiento fue variable según la especie. Para las tres especies el tiempo aproximado de ablandamiento fue de 4 horas por ser de especies de densidad media.
- **Corte de láminas:** se utilizó el micrótopo de deslizamiento horizontal, obteniéndose láminas de 25 µm de espesor para la sección transversal, radial y tangencial.
- **Deshidratación:** Se realizó con distintos grados de alcohol, 30°, 60° y 90°. En cada grado de alcohol permaneció 15 minutos, al término de los cuales se fue retirando para agregar otro de mayor grado.
- **Coloración y Montaje:** terminado el proceso de deshidratado, se procedió a agregar cinco gotas de safranina, manteniéndolo por un tiempo promedio de 10 a 15 minutos. Transcurrido ese tiempo se realizó el lavado de las láminas con alcohol de 90°, repitiéndose las veces necesarias hasta eliminar el exceso de colorante en los tejidos. Luego se agregó xilol para fijar el colorante. Posteriormente se llevó a cabo el montaje, colocando los tejidos ya coloreados en las placas portaobjetos, se agregó una gota de merkoglass antes de ser cubiertas con el cubreobjetos y cuyo secado es casi instantáneo. En cada placa portaobjeto fueron colocadas tres láminas en el siguiente orden:

transversal, radial y tangencial. Finalmente, se prepararon 3 placas portaobjeto para cada especie, haciendo un total de 9.

La secuencia de operaciones de la preparación de láminas, se muestra en la figura 3.



(A) Ablandamiento (B) Corte de láminas (C) Deshidratado (D) Coloreado (E) Montaje

Figura 3: Preparación de láminas histológicas

FUENTE: Elaboración propia

b.2. Preparación de tejido macerado

- **Ablandamiento:** Se prepararon porciones de madera en tamaños semejantes a palitos de fósforo. La maceración de estas secciones, se realizó mediante la cocción en ácido nítrico al 33 por ciento, asegurándose que se cubran completamente los palitos. Se

sometieron a una temperatura de 40°, para acelerar el proceso de cocción, por un tiempo de 15 a 20 minutos.

- **Lavado y coloración:** Se realizaron lavados con agua corriente, a fin de eliminar el ácido nítrico, luego se procedió a aplicar 3 o 4 gotas de safranina. Se colocó una porción del tejido macerado en una placa petri y se le agregó xilol para la fijación del colorante. Posteriormente, se empezó con la selección de fibras y vasos con ayuda de una aguja hipodérmica y un microscopio.
- **Montaje:** Los vasos y fibras seleccionados se colocaron en portaobjetos agregándose una gota de merkoglass para luego colocar el cubreobjeto con secado casi instantáneo.

Se obtuvieron microfotografías de las secciones de leño de las láminas histológicas y de las fibras y vasos, mediante un microscopio de luz ZEISS Axioskop acoplado a un computador con una cámara digital LEICA EC2 y con un software LAS EZ que permite capturar y realizar las mediciones necesarias.

3.2.2. ESTUDIO DENDROCRONOLÓGICO

a. Preparación de muestras para el estudio

Para el análisis de los anillos de crecimiento del leño, los tarugos obtenidos fueron pegados en soportes de madera, considerando que los elementos leñosos estén dispuestos en sentido longitudinal, buscando exponer en la cara superior la sección transversal, para visualizar los anillos de crecimiento (Zúñiga 2012). Luego, los soportes contenidos en las muestras fueron pegados en una tabla de madera de 25cm x 8cm x 1cm; y fijados sobre una mesa de madera. Para destacar los anillos de crecimiento, se lijaron con una lijadora orbital y se usaron lijas de diferentes granos (180, 240, 300, 360, 400, 800, 1000 grano.pulgada⁻²). En cada cambio de lija se realizó la limpieza del exceso de polvo con una compresora de aire. (Figura 4)



(A) Materiales a usar (B) Pegado de las muestras sobre los soportes y luego sobre la tabla de madera (C) Lijado de muestras (D) Muestras para ser analizadas

Figura 4: **Preparación de muestras para el estudio**

FUENTE: Elaboración propia

b. Marcación, medición y digitalización de anillos de crecimiento

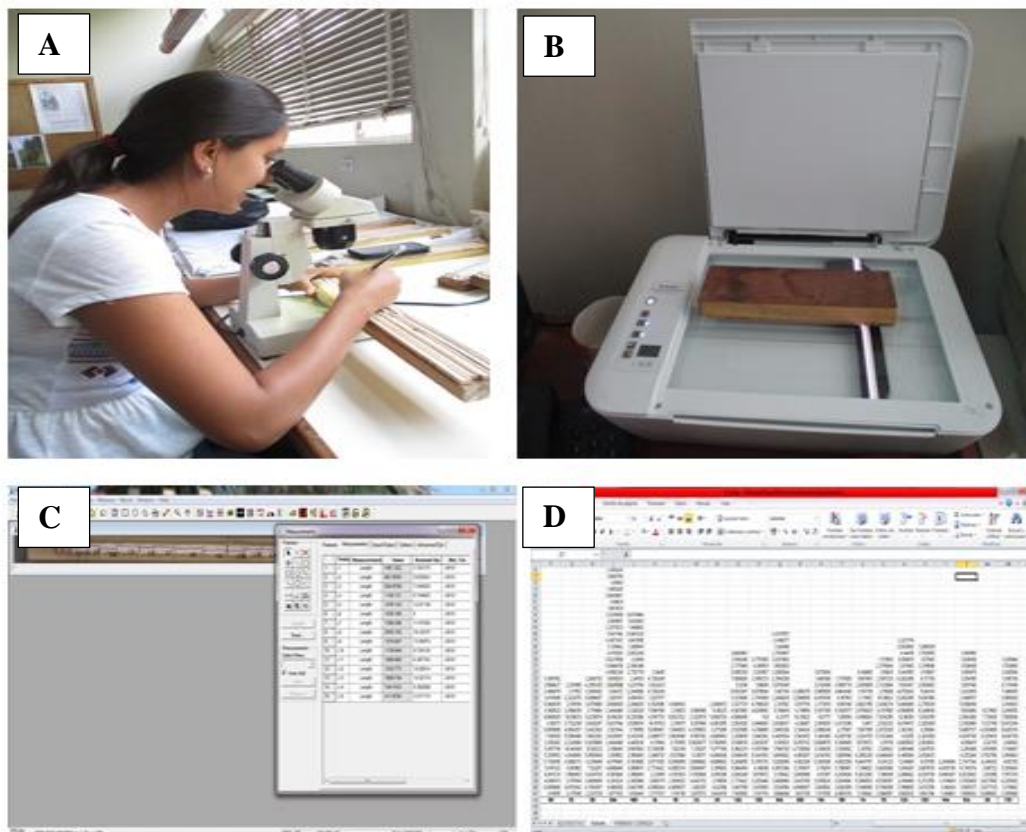
Luego se procedió a marcar los anillos de crecimiento en su sección transversal, para lo cual se utilizó un estereoscopio y un lápiz. Luego, las muestras de leño fueron digitalizadas a través de un scanner HP Scanjet 3800 (resolución 1200 dpi), con una escala de referencia. La demarcación, conteo y medición del ancho de los anillos fueron realizadas con el

software Image Pro-Plus. Las mediciones generadas en el punto anterior (ancho de anillos de crecimiento), se exportaron hacia el programa Microsoft Office Excel y analizadas, además se construyeron las series cronológicas iniciales para cada muestra de leño. (Figura 5)

c. Sincronización (co-fechado) de los anillos de crecimiento y serie maestra

Primero se tiene que saber que los valores de los anchos de anillos de crecimiento de cada árbol muestreado (información procesada en el programa Excel), son considerados como series cronológicas. Es decir, cada muestra por árbol tiene 2 series cronológicas. La datación cruzada (“cross dating”) que se realizó, consiste en identificar patrones de crecimiento que puedan ser sincronizados entre las muestras de un mismo árbol y entre árboles del mismo sitio, posibilitando la construcción de una serie cronológica de anillos de crecimiento datados en su año exacto de formación. Después de ello, se utilizó el programa COFECHA (Holmes *et al.* 1986) para controlar la calidad de las mediciones de los anchos de los anillos de crecimiento además de la verificación de la sincronización (co-fechado), obteniéndose la serie media (serie master) a partir de todas las series cronológicas que intervinieron en el proceso. Esto se logra ya que analiza estadísticamente la correlación existente entre las porciones de la serie a fechar y las series maestras datadas y verificadas de forma independiente, esto permite identificar la presencia de anillos falsos de crecimiento para su posterior control.

Luego se desarrollaron las cronologías de anchos de anillos y la estimación de la estandarización del crecimiento mediante el software Turbo Arstan 2.07 (Holmes 1986), el cual ajusta una función de regresión a los datos de ancho de los anillos de crecimiento para construir los índices cronológicos para cada especie.



(A) Marcado de anillos de crecimiento (B) Escaneado de muestras (C) Medición de anchos en programa Image Pro Plus (D) Exportación de datos a programa Microsoft Excel

Figura 5: Marcación, medición, digitalización y sincronización de anillos de crecimiento

FUENTE: Elaboración propia

d. Análisis dendroclimatológico

Para el análisis de la influencia de la temperatura y precipitación, los índices de la cronología de los anillos de crecimiento del leño de los árboles de las 3 especies determinados por el programa ARSTAN, fueron comparados con los valores mensuales de variables climáticas para la zona de estudio, que fueron obtenidos a través SENAHMI de la Estación Satipo – 000571 (ANEXO 4), ubicada en el distrito de Satipo, provincia de Satipo, departamento de Junín y de registros online de la página de Climate Explorer (ANEXO 5). Con el programa RESPO; programa que analiza la respuesta de los anchos de los anillos de crecimiento de los árboles al clima mensual mediante coeficientes de correlación de Pearson, se procederá a correlacionar los índices cronológicos de los árboles (variable dependiente) y los parámetros climáticos de precipitación y temperatura (variable

independiente), resultando en una función de respuesta para cada cronología (Blasing *et al.* 1984) y determinar que variables climáticas influyen en el crecimiento de la especie.

Cabe destacar que el año biológico (crecimiento del tronco de los árboles) no coincide con el año calendario; considerando que, en el hemisferio sur, los árboles inician su crecimiento al final del período de invierno y/o inicio del período de la primavera hasta el año siguiente. Diferente al hemisferio norte, donde el inicio y el término del crecimiento de los árboles (o del anillo de crecimiento anual) ocurren dentro del período de un año, comprendiendo los meses de enero a diciembre.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DE LAS ESPECIES

Comprende las características generales, macroscópicas y microscópicas de las 3 especies. La descripción se complementa con fotografías en sus planos de corte: transversal, tangencial y radial.

1.1. *GUATTERIA HYPOSERICEA* DIELS CARAHUASCA ANNONACEAE

Características generales

En condición seca al aire, no hay diferencia entre albura y duramen; de color amarillo claro, grano recto, textura media, con olor y sabor no distintivo. Presentan anillos de crecimiento distinguibles a simple vista. La demarcación del anillo se caracteriza por zonas fibrosas más oscuras; es decir por el aumento en el espesor de pared celular de las fibras. No ofrece resistencia al corte manual.

Descripción macroscópica

Poros: madera de porosidad difusa. Poros visibles a simple vista, mayormente solitarios y escasos múltiples radiales de dos.

Parénquima: visible a simple vista, del tipo bandas delgadas.

Radios: visibles a simple vista, finos y numerosos

Descripción microscópica

Poros/Elementos vasculares: Porosidad difusa, mayormente solitarios y escasos múltiples radiales de dos, de forma ovalada. Diámetro tangencial promedio de 148 μm clasificados como medianos (Figura 9). En promedio 3 poros/ mm^2 , clasificados como muy pocos.

Longitud promedio de elementos vasculares 317 μm , clasificados como cortos.

Parénquima: del tipo bandas delgadas, representado por líneas finas o delgadas de una célula de ancho (Figura 6).

Radios: altura promedio de 607 μm , clasificados como extremadamente bajos, de 2 a 7 células de ancho y su ancho promedio es de 75 μm clasificados como finos. En sección radial son heterocelulares, formado por células procumbentes con una hilera marginal de células cuadradas. En promedio 4 radios/mm clasificados como pocos; radios heterogéneos tipo II, no estratificados; puntuaciones radiovasculares simples y alternas. (Figura 7 y 8)

Fibras: libriformes, longitud promedio de 1130 μm , clasificadas como medianas, diámetro total de promedio 30 μm de clasificadas como medianas, espesor de pared promedio de 3 μm , clasificadas como muy delgadas. Estratificadas. (Figura 10)

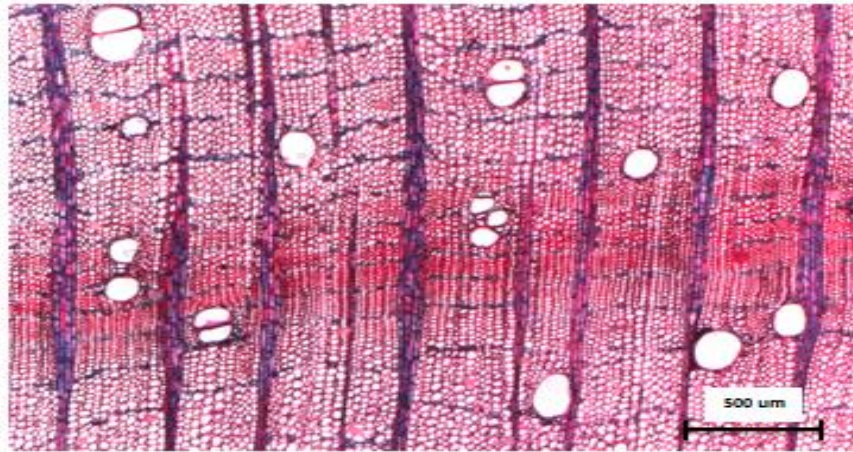


Figura 6: Corte transversal de *Guatteria hyosericea*

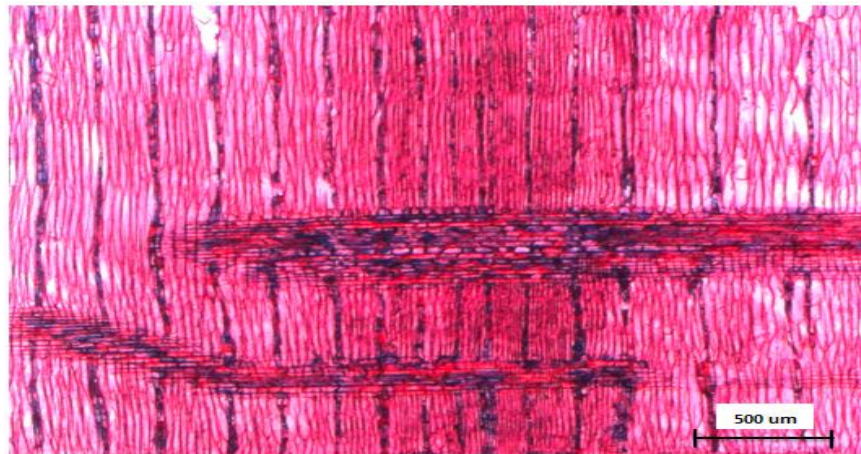


Figura 7: Corte radial de *Guatteria hyosericea*

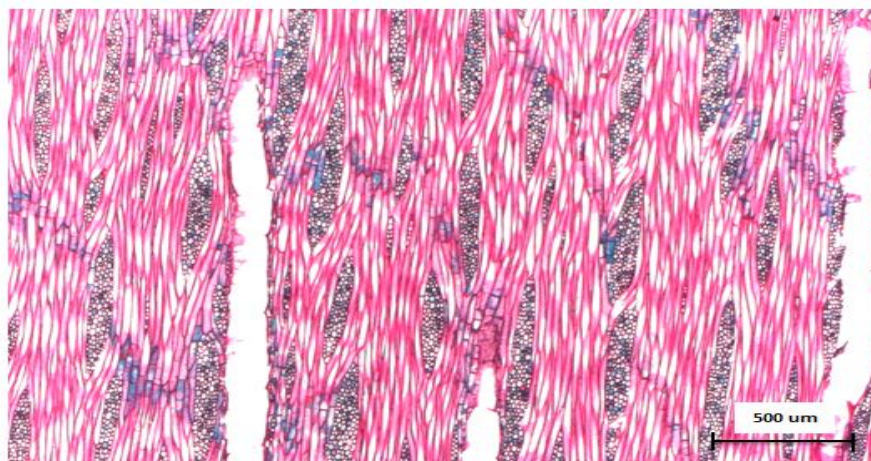


Figura 8: Corte tangencial de *Guatteria hyosericea*



Figura 9: Elemento Vascular de *Guatteria hyosericea*



Figura 10: Fibra de *Guatteria hyosericea*

1.2. *POUROUMA MINOR* BENOIST SACHAUVILLA CECROPIACEAE

Características generales

En condición seca al aire sin diferenciación entre albura y duramen, de color amarillo blanquecino, grano recto, textura media, con olor y sabor no distintivo. Anillos de crecimiento distinguibles a simple vista. La demarcación del anillo se caracteriza por zonas fibrosas más oscuras. No ofrece resistencia al corte manual.

Características macroscópicas

Poros: porosidad difusa, poros visibles a simple vista, mayormente solitarios, también múltiples radiales de dos.

Parénquima: visible a simple vista, del tipo paratraqueal aliforme y aliforme confluyente.

Radios: visibles a simple vista, finos y numerosos.

Características microscópicas

Poros/Elementos vasculares: Porosidad difusa, poros de forma ovalada, predominantemente solitarios y múltiples radiales de 3. Diámetro tangencial promedio 170 μm clasificados como medianos (Figura 14). En promedio 4/mm², clasificados como muy pocos. Longitud promedio de elementos vasculares 276 μm , clasificados como cortos. Puntuaciones intervasculares simples y alternas.

Parénquima: del tipo paratraqueal tipo aliforme y aliforme confluyente (Figura 11)

Radios: altura promedio es de 568 μm clasificados como extremadamente bajos; multiseriados con un ancho promedio es de 55 μm clasificados como finos. En sección radial heterocelulares, formado por 2 filas de células cuadradas en los márgenes y en el centro presenta células procumbentes (Figura 12). De 6 radios/mm clasificados como poco numerosos, radios heterogéneos tipo II. No estratificados. Puntuaciones radiovasculares simples y opuestas. (Figura 13).

Fibras: libriformes, longitud promedio de 1371 μm , clasificadas como medianas, ancho promedio 28 μm , clasificadas como medianas, de paredes muy delgadas con un espesor promedio de 3 μm . Presenta series cristalíferas en el interior de las fibras (Figura 15). Estratificadas.



Figura 11: Corte transversal de *Pourouma minor*

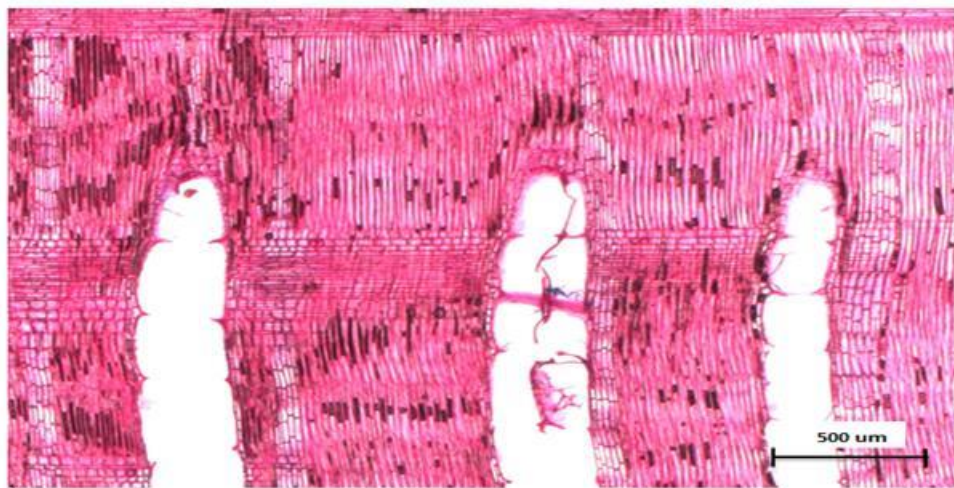


Figura 12: Corte radial de *Pourouma minor*

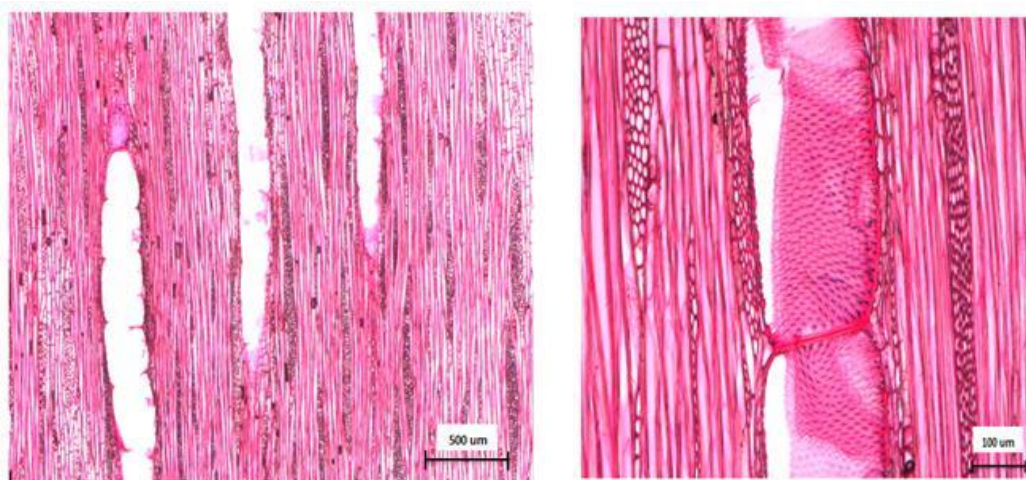


Figura 13: Corte tangencial de *Pourouma minor*. Puntuaciones intervasculares en corte tangencial de *Pourouma minor*



Figura 14: Elemento vascular de *Pourouma minor*



Figura 15: Fibra de *Pourouma minor*

1.3. *JACARANDA COPAIA* D.DON HUAMANZAMANA BIGNONIACEAE

Características generales

En condición seca al aire, sin transición de color de la albura al duramen, de color crema. Grano recto, textura media y homogénea, brillo alto. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras de forma regular.

Características macroscópicas

Poros: porosidad difusa, poros visibles a simple vista, predominantemente solitarios de forma redonda y ovalada, también múltiples radiales de 2 a 6 poros.

Parénquima: visible a simple vista, paratraqueal aliforme y aliforme confluyente escaso.

Radios: ligeramente visibles a simple vista, con 1 a 3 / mm, no estratificados.

Características microscópicas

Poros/Elementos vasculares: Porosidad difusa, poros de forma redonda y ovalada. Diámetro tangencial varía de 201 μm clasificados como grandes. En promedio 2 poros/ mm^2 , clasificados como muy pocos, predominantemente solitarios de forma redonda y ovalada. Longitud promedio de elementos vasculares entre 485 μm , clasificados como medianos. Punteaduras intervasculares alternas.

Parénquima: paratraqueal aliforme y aliforme confluyente escaso, no estratificado. (Figura 16)

Radios: homogéneos, biseriados, no estratificados. Altura de 617 μm clasificándose como bajos y con un ancho de 58 μm clasificándose como finos. Punteado radiovascular similar al intervascular. (Figura 17 y 18)

Fibras: libriformes, no estratificadas. El diámetro total es de 18 μm , clasificadas como angostas, el grosor de pared celular 1 μm , clasificadas como muy delgada, y fibras medianas, de una longitud de 1229 μm .

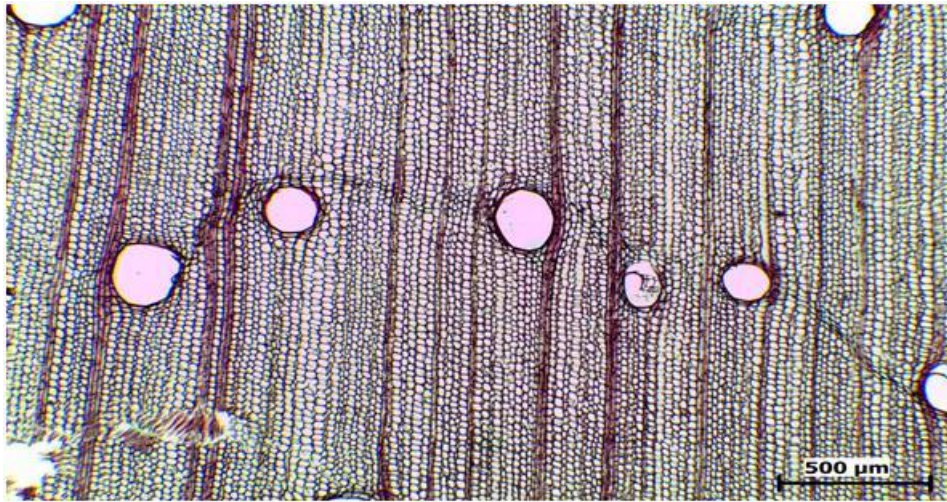


Figura 16: Corte transversal de *Jacaranda copaia*

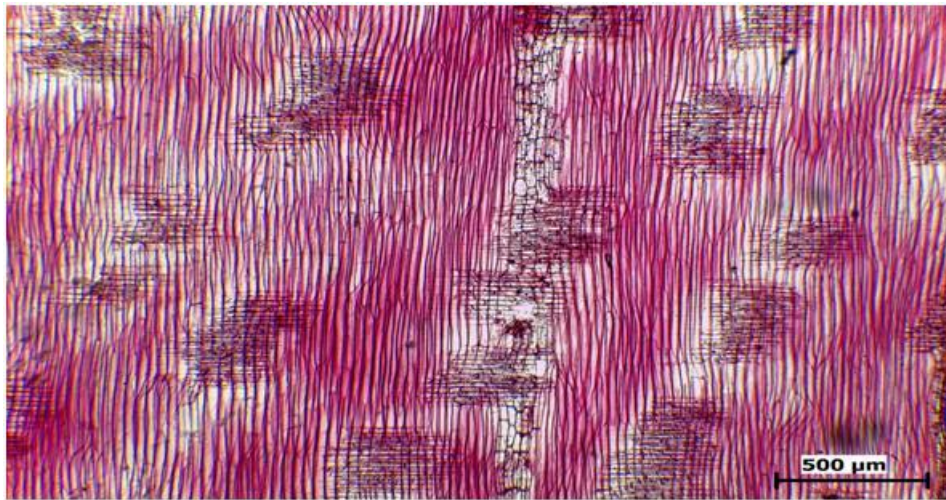


Figura 17: Corte radial de *Jacaranda copaia*



Figura 18: Corte tangencial de *Jacaranda copaia*

Détienne y Jacquet (1983), indican que para el género de las Guatterias; se tienen maderas de color amarillento, característica general que concuerda con lo obtenido en el estudio. En cuanto a color, olor y grano, los resultados son iguales a los indicados por la ITTO.

Los resultados obtenidos para la especie *Guatteria hyposericea*, comparados con lo estudiado por la ITTO (s.a); en cuanto al diámetro de poros, en el presente estudio se encontró que tenían un diámetro tangencial promedio de 148 μm , mientras que la ITTO señala que tendrían de 200 μm a más; Détienne y Jacquet (1983) indican que para el género *Guatteria* se tienen poros grandes (150-200 μ), valores que son muy similares con los resultados obtenidos para dicha variable. Con respecto al promedio de vasos por mm^2 , en el estudio se encontró que la especie tenía un promedio de 3/ mm^2 y la ITTO señala que tiene menos de 6/ mm^2 .

En cuando al tipo de parénquima, en el presente estudio se le caracterizó como parénquima en bandas delgadas, dato corroborado por la ITTO en donde también indican que se presenta en líneas tangenciales continuas así como también Détienne y Jacquet (1983), indican que se manifiestan como filas de células compuestas de 3-4 elementos. En cuando a la presencia de los radios por mm se encontró en el estudio que habían en promedio 4 radios/mm; y la ITTO indicó que se encuentran de 4 a menos radios/mm; por otro lado Détienne y Jacquet (1983), indica que se presentan de 2 a 3 radios por mm.

En cuanto a los resultados obtenidos para *Jacaranda copaia*: en cuanto al color, en el presente estudio se encontró que no existe diferencia entre albura y duramen, dato corroborado por la ITTO (s.a), Lluncor (2011); a diferencia de lo indicado por la MAE y FAO (2014), pues indica que la albura es de color blanco-rosáceo y el duramen marrón pálido. En cuanto a la textura, en el presente estudio se encontró que la textura era media, tal como indican la MAE y FAO (2014) y la ITTO (s.a); mientras que LLuncor (2011) encontró que la textura de esta especie es gruesa. En cuanto al grano de la madera y el parénquima, los tres autores señalan lo mismo que lo encontrado en el presente trabajo: grano recto y paratraqueal aliforme y aliforme confluyente.

Beltrán y Valencia, 2012; encontraron que los diámetros promedios de los vasos son de 255 μm y en los resultados obtenidos en el presente estudio, el diámetro tangencial promedio fue de 201 μm ; teniendo ambos la misma clasificación: grandes. Por otro lado, en cuanto al diámetro de las fibras, se caracterizó como angostas a las fibras con un diámetro promedio

de 18 μm , y Beltrán y Valencia (2012) la clasifican como angostas con un valor promedio de 23 μm . Paula (s.a) indicó que *Jacaranda copaia* tiene parénquima paratraqueal aliforme y aliforme confluyente; lo que coincide con el tipo de parénquima encontrado en este estudio. MAE y FAO (2014) encontraron que las paredes de las fibras de esta especie son muy finas, y que son medianas en cuanto al largo con un valor de 1090 μm ; características que coinciden con lo obtenido en el estudio. Con respecto al ancho de radios, la MAE y FAO (2014) indican que sus valores varían entre 30 a 60 μm (finos y muy finos) mientras que en el presente estudio se obtuvo un valor promedio de 58 μm (finos) y con respecto al alto de los radios indican que en promedio tienen 510 μm (extremadamente bajos) mientras que en el presente estudio se obtuvo un valor promedio de 617 μm (bajos).

En la tabla 4, se presentan los valores estadísticos de las dimensiones de los elementos xilemáticos para las tres especies estudiadas. De acuerdo a los coeficientes de variabilidad dados por Rubio (2002), se puede afirmar que el “Diámetro tangencial de poros” en *Guatteria hyposericea* presenta datos muy variables, mientras que *Pourouma minor* y *Jacaranda copaia* presentan datos relativamente homogéneos. La variabilidad de los datos puede ser atribuida a muchos factores como estrés, procedencia, velocidad de crecimiento, genética, así como alteraciones en las dimensiones en la dirección medula-corteza, tal como lo señalan Green *et al.* (1999).

Para la característica ‘Número de poros por mm^2 ’ los datos presentados para las tres especies son muy variables. Para la ‘longitud de elementos vasculares’ se tienen datos muy variables para *Guatteria hyposericea*, variables para *Pourouma minor* y regularmente variables para *Jacaranda copaia*.

En cuanto a la ‘longitud de fibras’, tanto *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*, presentan datos regularmente homogéneos. Para ‘espesor de pared de las fibras’, las medidas son variables para *Guatteria hyposericea*, regularmente variables para *Pourouma minor* y muy variables para *Jacaranda copaia*.

Tabla 1: Valores estadísticos para las 3 especies estudiadas

Parámetros/ Características	POROS		RADIOS					FIBRAS			VASOS
	Diámetro tangencial (µm)	N/mm ²	Altura (µm)	Ancho (µm)	Número de células en alto	Número de células en ancho	N/mm	Diámetro tangencial (µm)	Espesor de pared (µm)	Longitud (µm)	Longitud de elementos vasculares (µm)
<i>Guatteria hyposericea</i>											
Promedio	148,0	2,5	607,0	75,3	23,6	4,4	3,8	30,1	3,3	1129,5	316,7
Des est	37,4	1,3	166,9	17,4	10,7	1,6	0,7	4,8	0,7	152,6	94,9
CV (%)	25,3	50,1	27,5	23,2	45,4	36,8	18,6	16,0	20,7	13,5	30,0
IC	8,2	0,3	36,6	3,8	2,3	0,4	0,2	1,1	0,1	33,4	20,8
Min	139,8	2,2	570,5	71,5	21,3	4,1	3,6	29,1	3,1	1096,1	295,9
Max	156,2	2,8	643,6	79,1	25,9	4,8	4,0	31,2	3,4	1163,0	337,5
<i>Pourouma minor</i>											
Promedio	169,6	4,0	568,5	54,7	5,3	29,1	5,6	28,5	3,0	1371,0	276,3
Des est	21,2	1,6	199,3	16,9	0,9	13,0	1,4	4,7	0,6	161,0	68,1
CV (%)	12,5	41,5	35,1	30,9	16,9	44,9	25,0	16,4	18,9	11,7	24,7
IC	4,7	0,4	43,7	3,7	0,2	2,9	0,3	1,0	0,1	35,3	14,9
Min	164,9	3,6	524,8	51,0	5,1	26,2	5,3	27,5	2,9	1335,7	261,4
Max	174,2	4,3	612,2	58,4	5,5	31,9	5,9	29,5	3,1	1406,3	291,3
<i>Jacaranda copaia</i>											
Promedio	201,1	2,3	616,9	58,4	25,6	2,1	2,2	17,9	1,0	1228,8	485,4
Des est	28,1	1,0	221,6	9,3	17,1	0,5	0,7	3,9	0,4	132,6	84,3
CV (%)	13,9	44,4	35,9	15,9	67,1	24,8	32,3	21,7	34,7	10,8	17,4
IC	6,1	0,2	48,6	2,0	3,8	0,1	0,2	0,9	0,1	29,0	18,5
Min	194,9	2,1	568,4	56,3	21,8	2,0	2,1	17,0	0,9	1199,8	466,9
Max	207,2	2,5	665,5	60,4	29,3	2,2	2,4	18,8	1,1	1257,8	503,9

2. CARACTERIZACIÓN DE ANILLOS DE CRECIMIENTO

2.1. *GUATTERIA HYPOSERICEA*

La estructura de los anillos de crecimiento de la especie *Guatteria hyposericea*, analizadas a través de la imagen de su sección transversal, se caracteriza por presentar un leño inicial (zona más clara) y un leño tardío (zona más oscura) distinguibles a simple vista, que permite una fácil identificación a nivel macroscópico. Sin embargo, para la demarcación más exacta de los anillos, se usó la lupa de aumento 10x y/o un estereoscopio/microscopio. Presenta porosidad difusa, en donde es posible observar poros de diámetros similares dentro de los anillos de crecimiento. Según Garcia (1993) este tipo de porosidad es la más común en maderas de especies latifoliadas tropicales. Las muestras del leño de esta especie, presentan variabilidad en el ancho de los anillos de crecimiento, presentándose anillos anchos (en la proximidad a la médula) y anillos estrechos (cercano a la corteza), (Figura 19). Esta variabilidad en el incremento radial, indica la sensibilidad de los árboles de esta especie a las condiciones externas de crecimiento. Esta sensibilidad genera un gran potencial en la aplicación de anillos de crecimiento como identificadores anuales de eventos climáticos (Fritts, 1976).

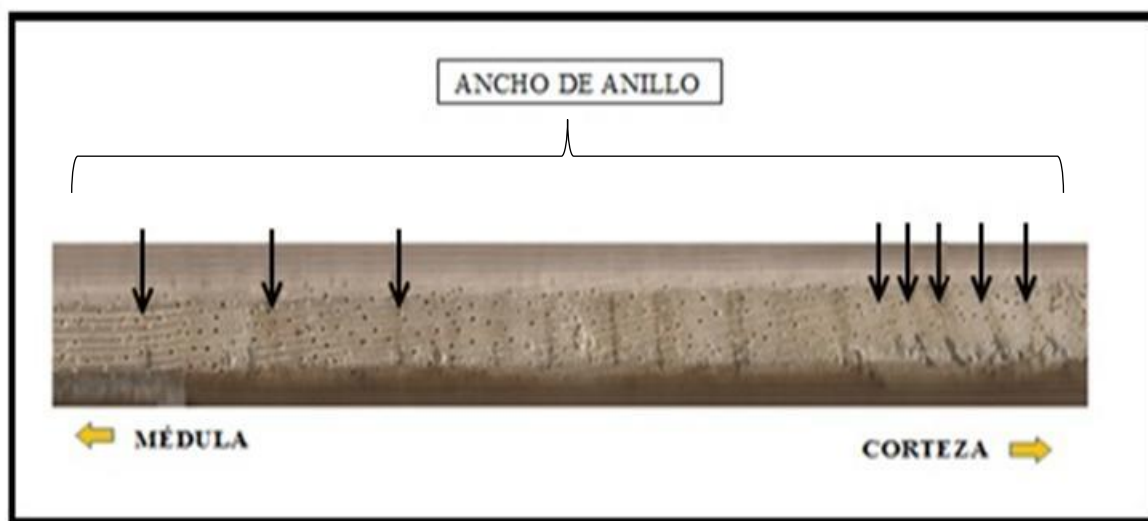


Figura 19: Variabilidad de ancho de anillos en *Guatteria hyposericea*

2.2. *JACARANDA COPAIA*

La estructura de los anillos de crecimiento de la especie *Jacaranda copaia*, analizadas a través de la imagen de su sección transversal, se caracteriza por presentar anillos de crecimiento medianamente distinguibles a simple vista, sin embargo son identificados de mejor forma a nivel macroscópico. El límite de los anillos es caracterizado por la concentración de fibras de paredes gruesas más oscuras, seguidos por vasos con distribución al azar. Presenta porosidad difusa, donde los vasos se encuentran distribuidos de forma aleatoria y diámetros similares de poros en el interior de los anillos de crecimiento. Las muestras del leño de esta especie, presentan también variabilidad en el ancho de los anillos de crecimiento, presentándose anillos anchos (en la proximidad a la médula) y anillos estrechos (cercano a la corteza), demostrando también la sensibilidad de los árboles de esta especie a las condiciones externas de crecimiento (Figura 20). (Fritts, 1976).

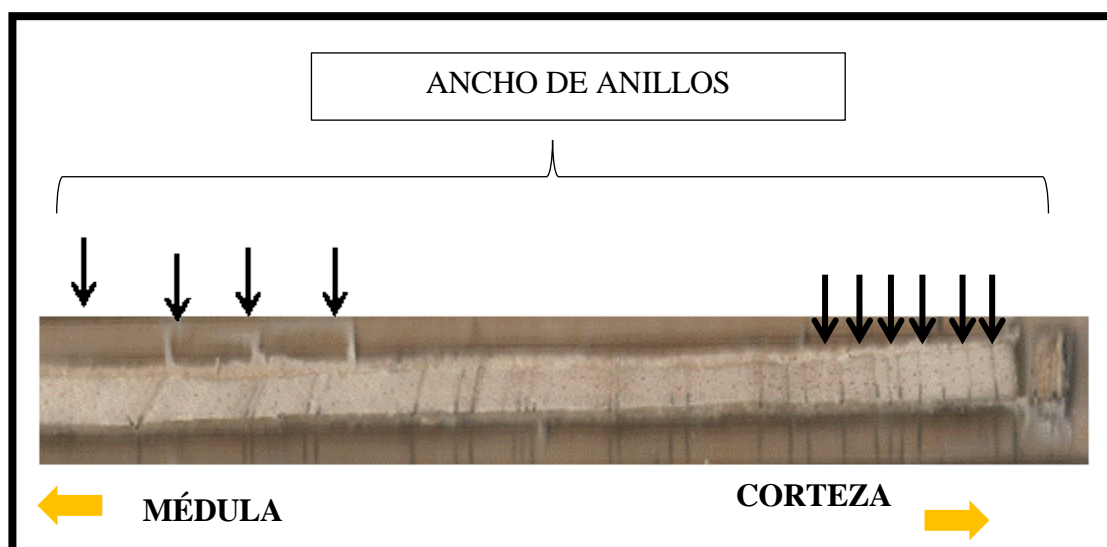


Figura 20: Variabilidad de ancho de anillos en *Jacaranda copaia*

2.3. *POUROUMA MINOR*

La estructura de los anillos de crecimiento de la especie *Pourouma minor*, analizadas a través de la imagen de su sección transversal, se caracteriza por presentar anillos de crecimiento distinguibles a simple vista. El límite del anillo es caracterizado por la concentración de fibras de paredes gruesas más oscuras, seguidos por vasos con distribución al azar. Presenta porosidad difusa, donde los vasos se encuentran distribuidos de forma aleatoria y no tienen mucha tendencia de variar su diámetro dentro de los anillos de crecimiento. Las muestras del leño de esta especie, presentan también variabilidad en el ancho de los anillos de crecimiento, presentándose anillos anchos (en la proximidad a la médula) y anillos estrechos (cercano a la corteza), demostrando también la sensibilidad de los árboles de esta especie a las condiciones externas de crecimiento. (Figura 21) (Fritts 1976).

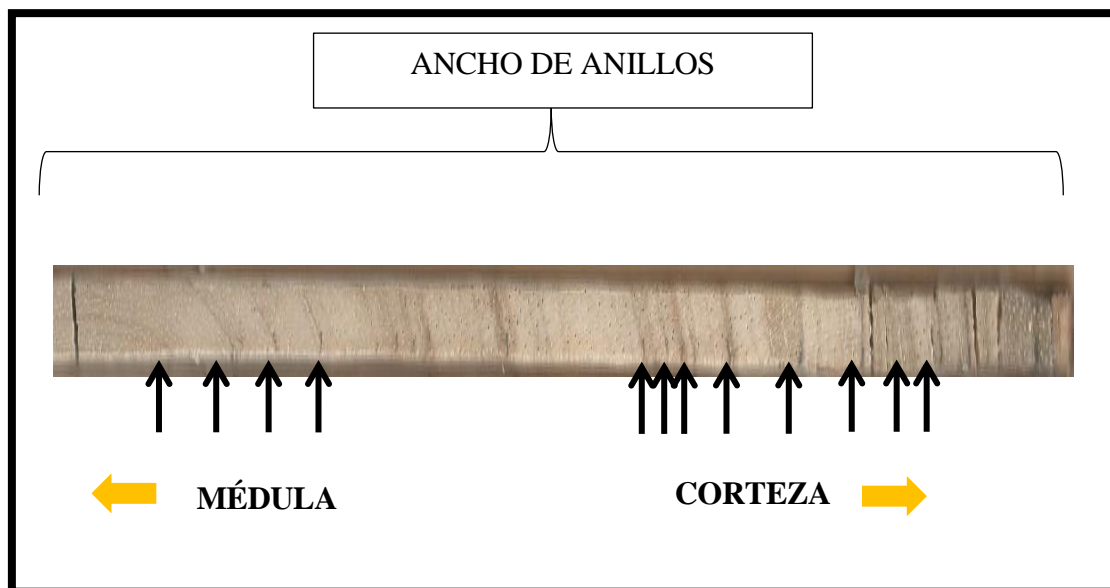


Figura 21: Variabilidad de ancho de anillos en *Pourouma minor*

La forma en que se visualizan los anillos de crecimiento en las 3 especies; es decir: límite de los anillos caracterizado por la concentración de fibras de paredes gruesas más oscuras, concuerdan con lo que indicado por Carlquist (1988) sobre las maderas tropicales; señalando que la delimitación de los anillos puede estar dada por estructuras celulares como parénquima marginal y fibras de paredes más gruesas o aplanadas en dirección radial.

3. ANÁLISIS DENDROCRONOLÓGICO DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO

3.1. CONTROL DE CALIDAD DE SERIES DE ANILLOS DE CRECIMIENTO (COFECHADO)

Para cada especie, se realizaron las mediciones de anchos de anillos con Programa Image Pro Plus, construyéndose con estos datos, series cronológicas individuales para cada especie, en el programa Microsoft Excel.

Luego de utilizar el Software COFECHA (Holmes, 1996; Grissino-Mayer 2001) en la serie de anchos de anillos de crecimiento, se pudo controlar su calidad, sincronizándolas con la serie máster (promedio de las series individuales) y permitiendo determinar errores en la medición e identificación de falsos anillos y ausentes. Así mismo, las tendencias de crecimiento (ruido) fueron excluidas de cada serie de anillos, mediante el ajuste de una función de remoción en la tendencia de crecimiento de los árboles, spline cúbico, con un valor límite de respuesta-frecuencia de 50% y una longitud de serie predefinida de 32 años, donde cada valor de la serie es dividida por el correspondiente valor de la curva spline. El control de calidad de las series e inter-correlaciones de las series de anillos de crecimiento para cada especie se muestran en el ANEXO 1, 2 y 3.

El control de calidad de los anchos de anillos de crecimiento de las especies; demostró que del total inicial de muestras extraídas para las especies *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*: 36, 31 y 33 respectivamente; sólo tienen una señal común de crecimiento 25, 21 y 18 muestras respectivamente, mostrando valores de intercorrelación significativa de 0,518 (*Guatteria hyposericea*), 0,587 (*Jacaranda copaia*) y 0,410 (*Pourouma minor*), como se observa en la tabla 2.

Tabla 2: **Resultados del control de calidad de las series ejecutadas en el programa COFECHA**

Especie	Árboles (series)	Árboles (series)	Nº total de anillos observados	Intercorrelación Media	Intercorrelación crítica (al 99% de nivel de confianza)
	Total	COFECHA			
<i>Guatteria hyposericea</i>	17(36)	13(25)	526	0,518	0,4226
<i>Jacaranda copaia</i>	17(31)	13(21)	345	0,587	0,5155
<i>Pourouma minor</i>	17(33)	12(18)	307	0,41	0,3665

Al aplicar el control de calidad, los árboles que no presentaron correlaciones altas así como los que no llegaban a un nivel de correlación crítico de significancia (Pearson 99%), fueron descartados del análisis final posiblemente debido a la presencia de irregularidades en la estructura anatómica como tortuosidad, madera de reacción, anillos de crecimiento falsos o no diferenciados, entre otros; quedando como resultado final las gráficas que se observan en las Figura 22, 23, 24.

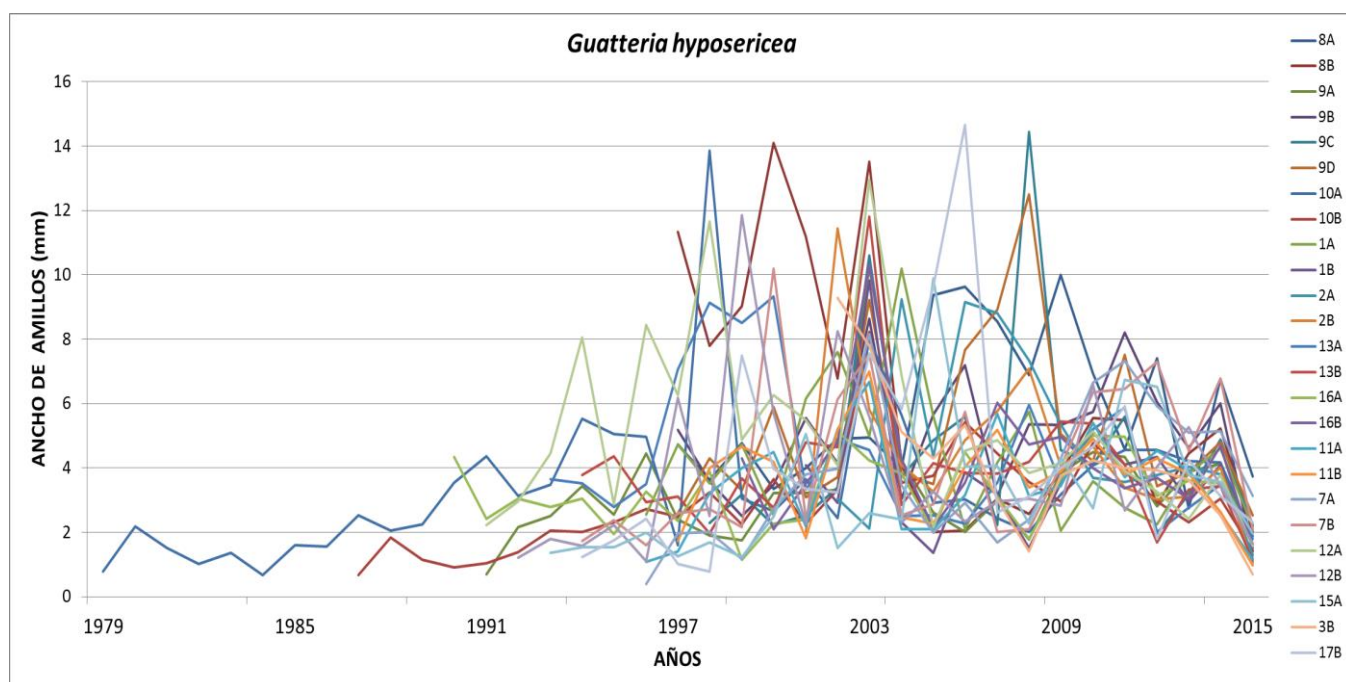


Figura 22: Series individuales de ancho de anillos para 25 muestras de *Gutteria hyposericea*

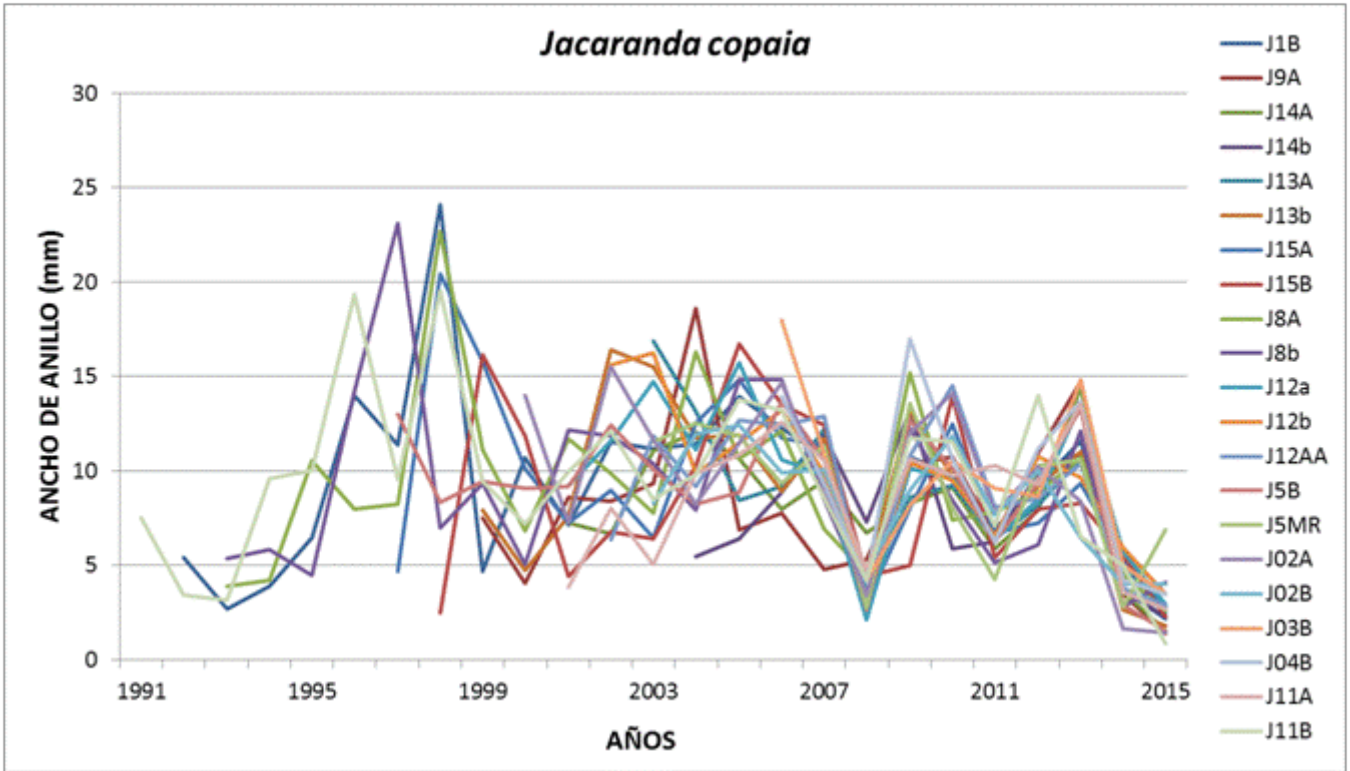


Figura 23: Series individuales de ancho de anillos para 21 muestras de *Jacaranda copaia*

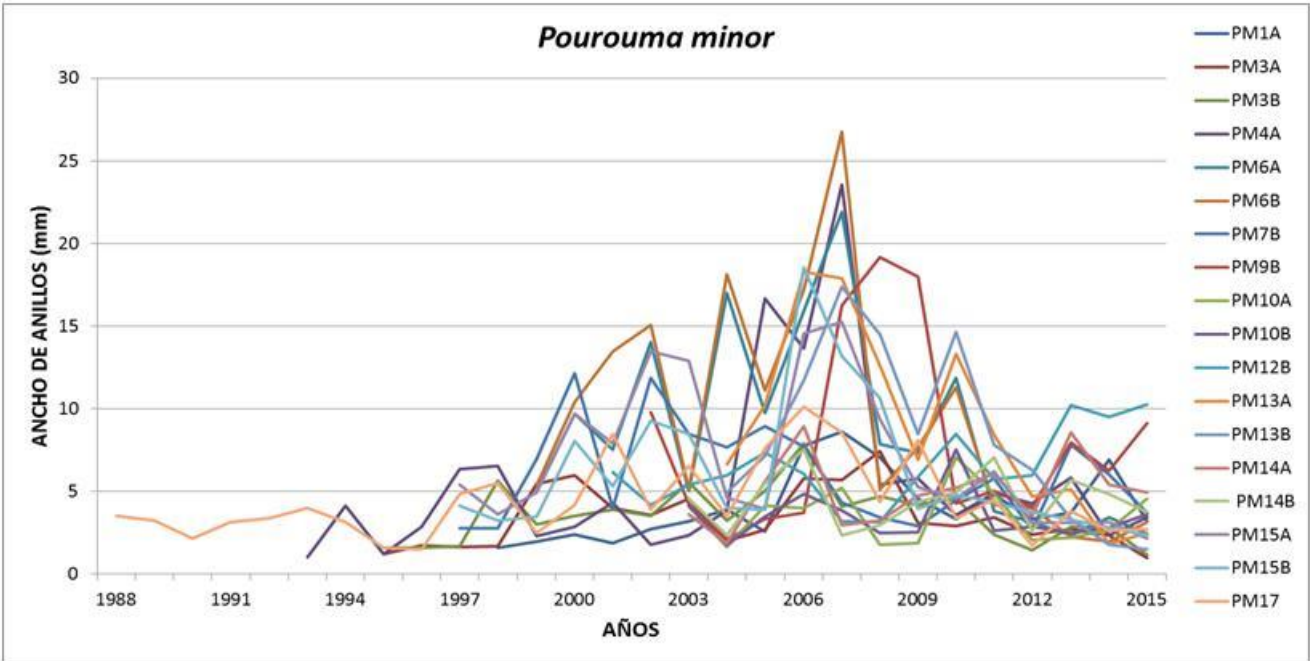


Figura 24: Series individuales de ancho de anillos para 18 muestras de *Pourouma minor*

3.2. OBTENCIÓN DE CRONOLOGÍAS DE LAS ESPECIES

Obtenida la cronología para cada especie después del control de calidad de las series de anillos de crecimiento, se procedió a ejecutar el programa ARSTAN (Holmes, 1986) que estandariza las series cronológicas obtenidas para cada especie, mediante la remoción de las tendencias biológicas de crecimiento en diámetro que no están relacionadas con el clima a través de la aplicación de una función spline cúbico.

El criterio de selección del mejor *spline cúbico* fue adoptado en función de la obtención de mejores resultados, ya que para la dendroclimatología, permite obtener la mejor reconstrucción climática (Delgado 2000).

Las cronologías generadas por el programa ARSTRAN, indican que los árboles de la especie *Guatteria hyposericea*, tiene una edad de 37 años (Periodo 1979 – 2015), la especie *Jacaranda copaia*, tiene una edad de 25 años (Periodo 1991 - 2015) y la especie *Pourouma minor*, tiene una edad de 28 años (Periodo 1988 - 2015).

Rosero (2009), indica que la transformación de los valores de ancho de anillos de crecimiento en índices (o series maestras) reduce la variabilidad de la tendencia de crecimiento de las series individuales, conforme lo muestra las Figura 25, 26, 27; donde se observa que la línea de tendencia de las gráficas de “media del crecimiento original”, se convierte en una serie más homogénea y cercana a la unidad, como lo muestra la gráfica “cronología de índices de crecimiento”, para las tres especies.

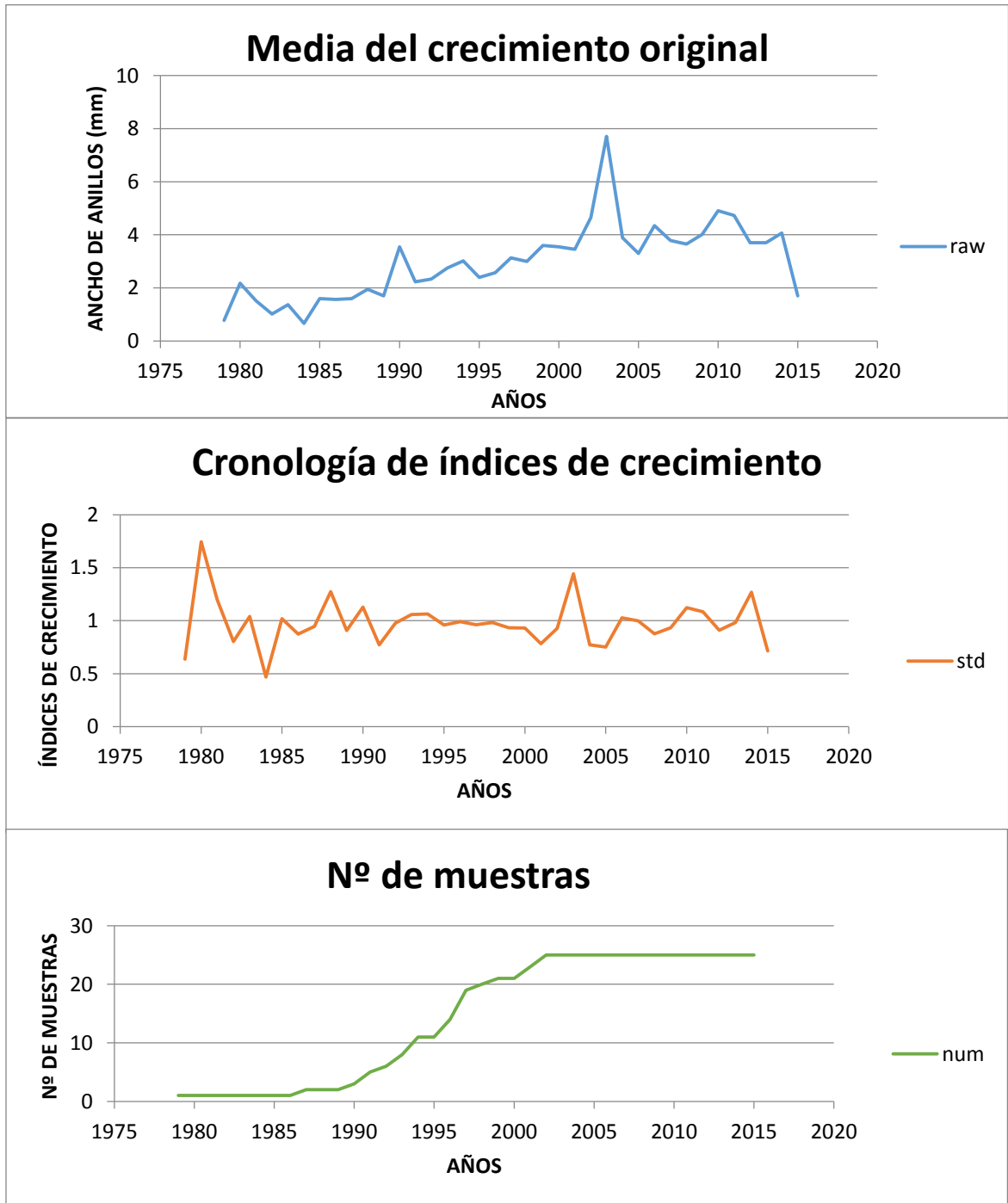


Figura 25: Series del ancho de anillos del crecimiento original (superior), serie cronológicas filtrada por COFECHA y obtenida con ARSTRAN (medio) y número de muestras utilizadas en el análisis de *Guatteria hyosericca* (inferior)

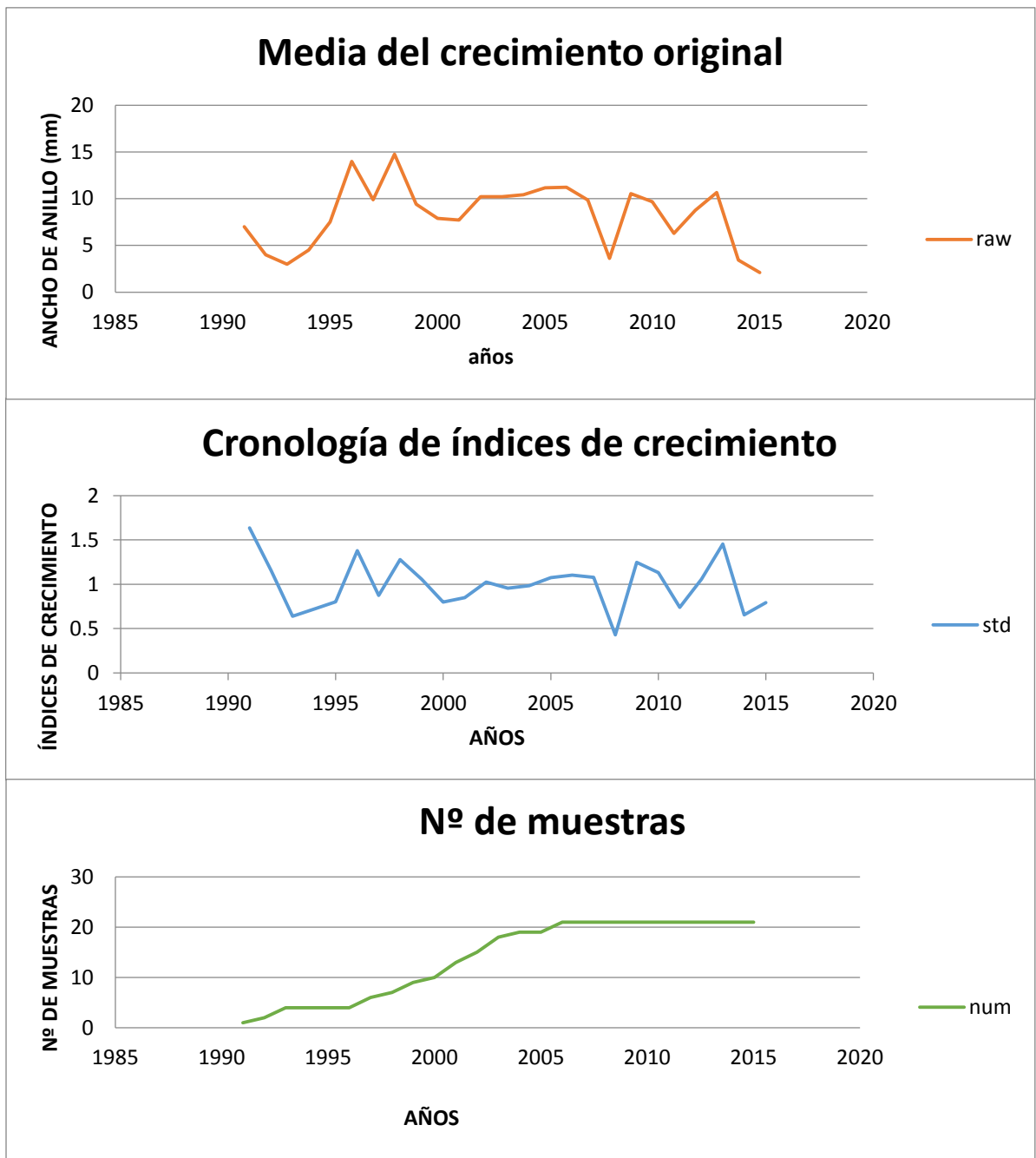


Figura 26: Series del ancho de anillos de crecimiento original (superior), serie cronológicas filtrada por COFECHA y obtenida con ARSTRAN (medio) y número de muestras utilizadas en el análisis de *Jacaranda copaia* (inferior)

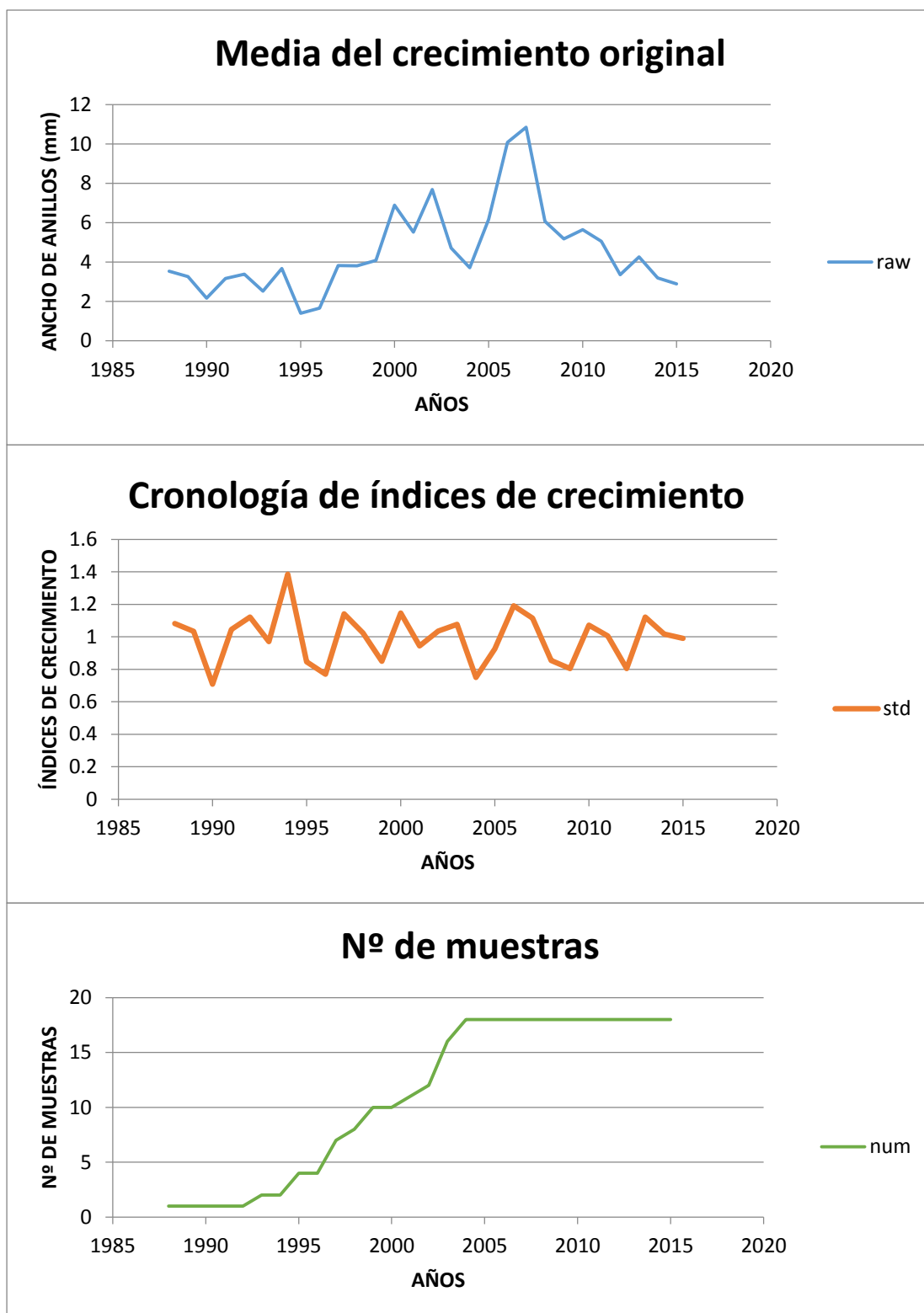


Figura 27: Series del ancho de anillos de crecimiento original (superior), serie cronológicas filtrada por COFECHA y obtenida con ARSTRAN (medio) y número de muestras utilizadas en el análisis de *Pourouma minor* (inferior)

En los 3 casos, el número de muestras del leño analizados y usadas, aumenta conforme se incrementan los años de la cronología, esto indica que su construcción fue hecha con más árboles de menor edad y pocos de mayor edad. Para la especie *Guatteria hyposericea*, se ve un cambio abrupto a partir del año 2000 (árboles de 15 años aproximadamente), lo mismo para la especie *Jacaranda copaia*, donde se ve un cambio en la línea de tendencia a partir del 2005 (árboles de 10 años aproximadamente) y por último para *Pourouma minor* se observa un cambio abrupto desde el año 2000 (árboles de 15 años aproximadamente).

Las correlaciones significativas de las series de anillos de crecimiento demuestran que las poblaciones muestreadas para las 3 especies, son capaces de sincronizarse obteniéndose cronologías master para cada población-especie.

El objetivo de producir cronologías, a diferencia de las series individuales, es determinar el comportamiento en el crecimiento de un grupo de individuos; punto importante en aplicaciones de reconstrucción de disturbios ya que el comportamiento del grupo versus los patrones individuales permiten diferenciar eventos de daño individual (solo para un árbol) de disturbios a mayor escala (toda la población) (Ortega 2015).

3.3. ANÁLISIS DENDROCLIMATOLÓGICO

Mediante la correlación entre las cronologías de anillos de crecimiento de las especies analizadas, que se obtuvo a través del programa ARSTAN y los datos climáticos (temperatura media mensual y precipitación media mensual), se analizó la influencia de las variables climáticas en el crecimiento en diámetro en el fuste de los árboles de *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*. Se construyó el Climatograma con datos que corresponden a los años 1979-2015 (Figura 28), que son útiles para la interpretación del clima de esta región en términos ecológicos (Giraldo y Del Valle 2011).

Los resultados indican que existe una variabilidad marcada en la precipitación mensual en comparación a la temperatura que se mantiene constante todo el año, siendo los meses de junio y julio los meses más secos del año ($pp < 90$ mm), aunque desde abril se observa una disminución drástica de la precipitación (103,2 mm) y esto se prolonga hasta agosto-setiembre (112,3 mm – 118,3 mm), mientras que de octubre a abril son los meses más húmedos ($pp > 100$ mm).

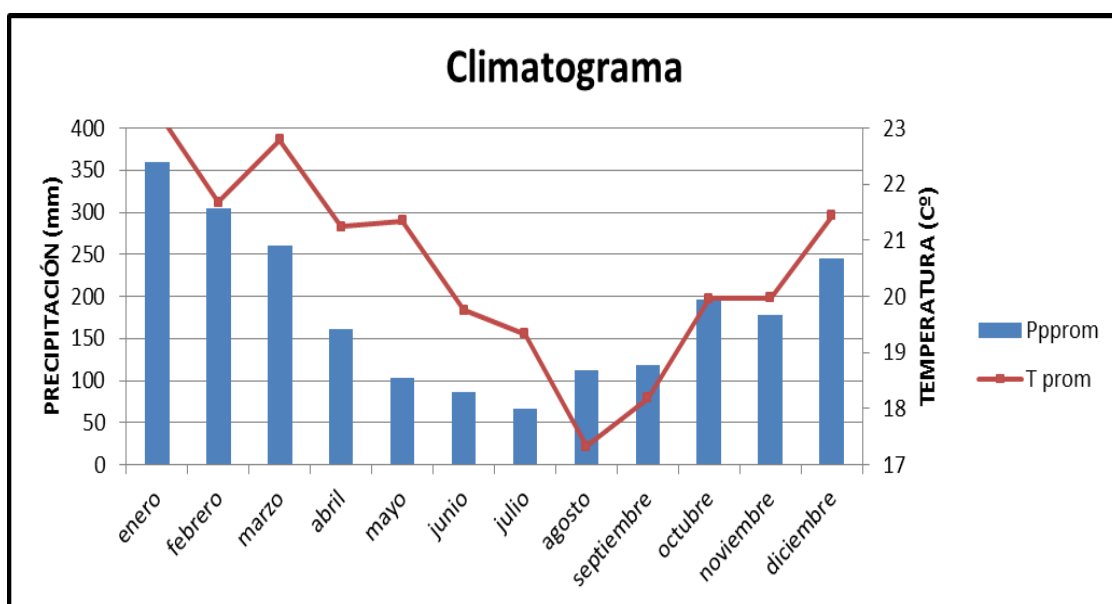


Figura 28: **Temperatura y Precipitación mensual registradas durante el periodo (1979-2015)**

La tabla 3, muestra los resultados del análisis de la correlación entre las series cronológicas de los árboles de *Guatteria hyposericea* y los datos de precipitación registrados en la Estación de Satipo desde el año de 1979 hasta el 2015, sólo obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson positivo ($r= 0,106$); sin embargo, la correlación entre la temperatura registrada en el mismo periodo, el coeficiente de correlación de Pearson fue de ($r= -0,166$). Para *Jacaranda copaia* durante el periodo de 1991 hasta el 2015 el coeficiente de correlación de Pearson calculado fue negativo ($r= -0, 00058$) en tanto, la correlación entre la temperatura registrada en el mismo periodo, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson negativo ($r= -0,164$). Para la *Pourouma minor*, durante el periodo de 1988 hasta el 2015 se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson negativo ($r= - 0,168$) en tanto, la correlación entre la temperatura registrada en el mismo periodo, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson positivo ($r= 0,179$). En los tres casos, para un nivel de confianza de 95%.

Las bajas correlaciones obtenidas entre las series puede deberse a la mala calidad en la toma de datos meteorológicos de los últimos 30 años provenientes de la estación meteorológica de Satipo (tipo convencional) o a las bajas sincronizaciones observadas en algunas zonas de la serie cronológica, lo que podría inducir que existe otro factor externo: cierto tipo de intervención humana, etc. que ha hecho variar el crecimiento de la especie.

Tabla 3: **Coefficientes de correlación de Pearson entre las series cronológicas y las variables climáticas**

<i>Especie</i>	<i>Coefficiente de correlación de Pearson</i>	
	<i>Precipitación</i>	<i>Temperatura</i>
<i>Guatteria hyposericea</i>	0,106	(-) 0,166
<i>Jacaranda copaia</i>	(-) 0,00058	(-) 0,164
<i>Pourouma minor</i>	(-) 0,168	0,179

Los resultados muestran que ninguna de las dos variables climáticas analizadas; es decir: pp y T° tendrían relación directa con la formación de anillos de crecimiento; cuyos resultados son semejantes a los obtenidos en una plantación de *Tectona grandis* en el valle de Chanchamayo (a 120 km de la zona de nuestro estudio), que obtuvo correlaciones negativas para ambas variables climáticas, (Zúñiga 2012). Cabe resaltar que para dicho análisis se usaron los datos climáticos de precipitación de la estación de Satipo, también utilizados en el presente análisis, y es posible que los datos climáticos incompletos de la estación meteorológica de Satipo, no ayuden a tener una mejor interpretación de los resultados.

Existen también otros estudios que evidencian correlaciones negativas entre el crecimiento y la precipitación (Buckley *et al.* 2007; Soliz-Gamboa *et al.* 2010), así se tienen trabajos reportados para *Schizolobium parahyba* en la Reserva Biológica Federal do Tinguá, donde las correlaciones significativas negativas se presentaron en los meses con menor ocurrencia de lluvias, es decir que presentó mayor crecimiento en la estación de invierno, Enquist y Leffler (2001). También se reportaron correlaciones de crecimiento negativas de *Genipa americana*; Sette JR. *et al.* (2010) quienes al estudiar el crecimiento de *Eucalyptus grandis* observaron un mayor crecimiento de la especie en el periodo de menor lluvia y lo asociaron a la acumulación de agua de lluvia, presente en los horizontes más profundos del suelo.

En contraparte, Stokes y Smiley (1996) indican que la precipitación es el principal factor que influencia en el ancho de anillos de crecimiento en especies tropicales, por otro lado Brien y Zudeima (2005) señala que la disponibilidad de agua tiene gran influencia en el crecimiento de árboles tropicales, no solamente como resultado del déficit de precipitación durante ciertas estaciones del año (meses de baja pluviosidad), sino también debido a la variación de la precipitación de año a año.

3.3.1. RESPUESTA CLIMÁTICA EN EL CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES

Mediante el programa RESPO, se correlacionaron las cronologías obtenidas por el programa ARSTAN y las variables climáticas de precipitación y temperatura, para los periodos de 1989 al 2015 (*Guatteria hyposericea*), se tomó ese periodo ya que habían muchas celdas vacías en los datos de precipitación desde 1979 hasta 1988; de 1991 al 2015 (*Jacaranda copaia*) y de 1988 al 2015 (*Pourouma minor*). En la tabla 4 se encuentran las correlaciones obtenidas para la *Guatteria hyposericea*, indican que la precipitación en el mes de junio del año anterior (t-1) y en el mes de enero del año actual (t); así como la temperatura del mes de junio del año anterior (t-1) influyen de forma positiva y significativa en el crecimiento del ancho de los anillos de los árboles. En *Jacaranda copaia*, la precipitación en el mes de mayo del año anterior (t-1) y la temperatura del mes de junio del año anterior (t-1) influyen de forma negativa y significativa en el crecimiento de los anchos de anillos de los árboles. En la *Pourouma minor* la temperatura en el mes de noviembre del año previo (t-1) influye de manera positiva y significativa en el crecimiento de los anchos de anillos de los árboles.

Tabla 4: Coeficiente de correlación de Pearson entre la cronología máster y los valores mensuales de PP (mm) y Temperatura media (° C) para las 3 especies

Especie		<i>Guatteria hyposericea</i>		<i>Jacaranda copaia</i>		<i>Pourouma minor</i>	
Variable climática		Tº	PP	Tº	PP	Tº	PP
Meses		Coeficiente de correlación de Pearson					
Año previo (t-1)	MAYp	-0,008	0,184	-0,077	-0,433	0,263	-0,326
	JUNp	0,336	0,431	-0,431	0,359	-0,071	-0,078
	JULp	-0,236	0,135	-0,257	-0,335	0,080	-0,273
	AUGp	0,097	0,151	-0,388	-0,006	-0,258	-0,093
	SETp	0,079	0,179	-0,095	-0,208	-0,203	0,071
	OCTp	0,073	-0,035	-0,036	-0,067	0,005	0,161
	NOVp	-0,064	-0,138	-0,235	-0,063	0,453	-0,218
	DECp	-0,101	0,031	-0,018	-0,031	0,373	0,064
Año actual (t)	JAN	-0,152	0,327	0,175	-0,259	0,095	0,096
	FEB	0,026	0,163	0,023	-0,259	0,058	-0,026
	MAR	-0,179	-0,074	-0,033	-0,259	-0,041	0,160
	APR	0,085	0,271	0,129	-0,259	-0,100	-0,052
	MAY	-0,091	0,175	0,169	-0,259	-0,182	0,189

Previamente, considerando que estamos en el Hemisferio Sur, y que el año dendrocronológico del árbol (año de crecimiento) no coincide con el año calendario o año

corriente, pues la estación de crecimiento del árbol es compartida por dos años: inicia en septiembre u octubre del año previo (t-1) y termina en febrero a marzo del año actual (t); esto se relaciona directamente con el inicio y fin de las precipitaciones respectivamente. De acuerdo a lo convenido entre los dendrocronólogos del hemisferio sur, el año dendrocronológico de cada anillo de crecimiento fue asignado al año en el cual el anillo comenzó a formarse (t-1) (Schulman 1956).

Siguiendo ese análisis; para *Guatteria hyposericea* se obtuvieron correlaciones positivas y significativas para la precipitación en los meses de junio del año anterior (t-1) y enero del año actual (t). Esto quiere decir que para el mes de junio, donde la disponibilidad de agua en el suelo es muy escasa, la T° se mantiene en su valor promedio y la evapotranspiración es más baja, los árboles deberían tener menores posibilidades de incrementar el ancho de sus anillos, y cuando las lluvias se hagan más intensas en enero, el crecimiento de los anchos de anillos se verá favorecido por disponibilidad de agua en el suelo. (Figura 29)

Rosero (2009), menciona que la época de inicio de las temporadas de lluvias está relacionada por el aumento gradual del agua en el suelo producto de las precipitaciones y que después de 2 a 3 meses de lluvia ayuda al árbol a superar los niveles críticos y lograr mantener un balance positivo de agua, permitiendo de esa manera utilizar todos los nutrientes almacenados producto de la fotosíntesis, en los meses de latencia dando lugar así al inicio del crecimiento.

Brienen y Zudeima (2005) al estudiar árboles de *Cedrelinga cateniformis* en un bosque estacionalmente seco, desarrolló un modelo similar; donde los primeros meses de la estación de lluvia son probablemente los más importantes para el crecimiento de los árboles, debido a que son el inicio de la época de crecimiento y la reserva de agua en el suelo del bosque es muy baja después de una época seca prolongada. Para la temperatura, se obtuvo una correlación positiva y significativa para el mes de junio del año anterior (t-1), mes donde las temperaturas empiezan a disminuir. Y cuyas condiciones favorables del árbol se van reduciendo, por disminución la temperatura y precipitación, que se refleja en el menor crecimiento del ancho de los anillos.

Otros estudios explican que la formación de las capas de crecimiento en los árboles, es más intenso inmediatamente después del inicio de la temporada de lluvias y de menor intensidad hacia el final, posiblemente debido a la disminución de la capacidad fotosintética de las

hojas viejas y cambios en el almacenamiento y la disponibilidad de nutrientes del suelo. Estos factores climáticos solos o combinados buscan explicar la importancia de los niveles de precipitación al inicio de la época de lluvias, para el crecimiento en diámetro de los árboles en relación al total de precipitaciones del año presente; Priya y Bhat (1999).

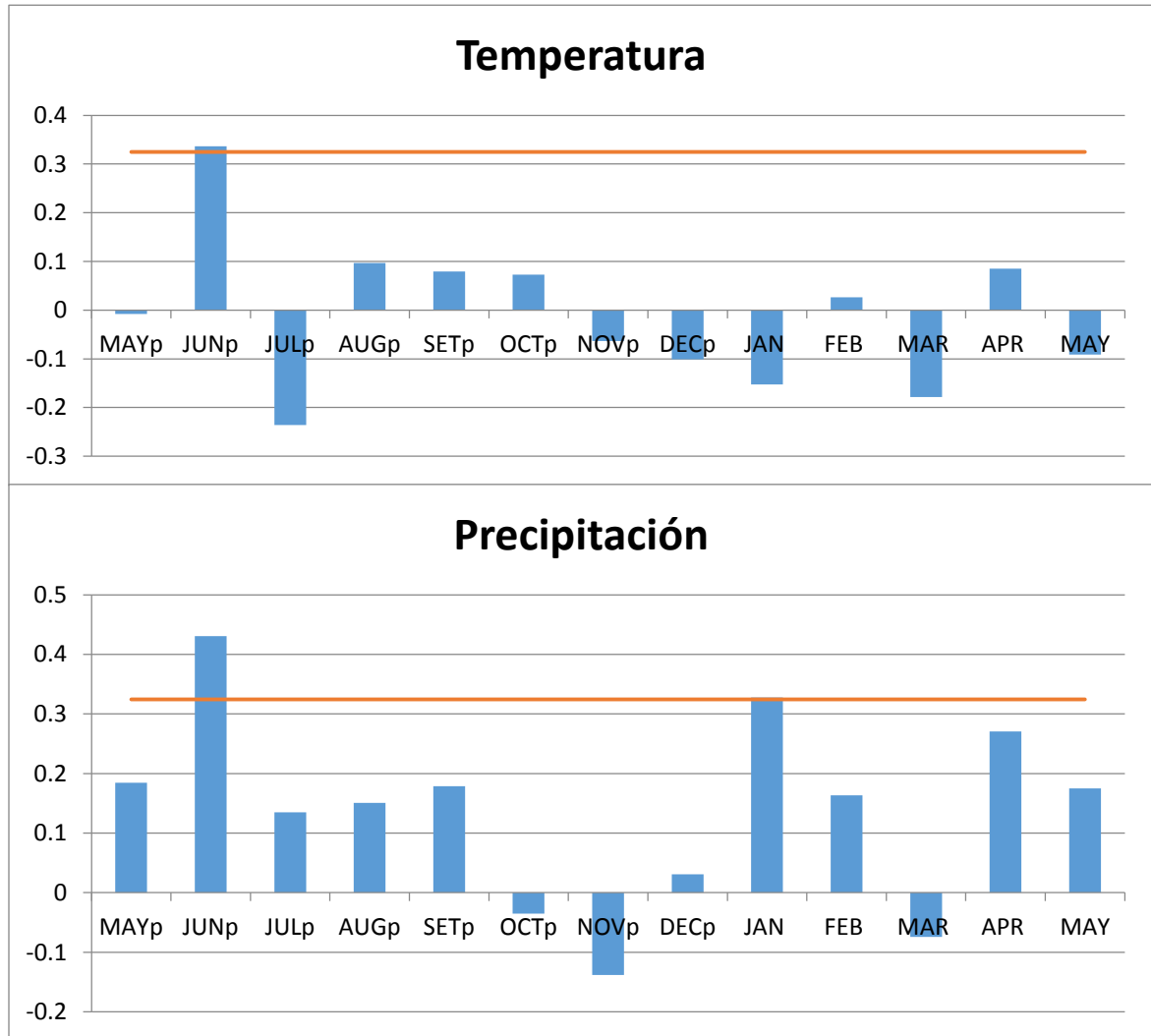


Figura 29: **Correlaciones entre los índices de los anillos de crecimiento de *Guatteria hyposericea* con las variables climáticas (temperatura media mensual y precipitación media mensual), de la región para la plantación.**

Para *Jacaranda copaia* se obtuvieron correlaciones negativas y significativas para la **precipitación** en el mes de **mayo** del año anterior (t-1) y para la temperatura en el mes de **Junio** del año anterior (t-1). Esto quiere decir que en mayo, donde las precipitaciones son bajas, el árbol tendrá mayores incrementos en el ancho de anillos, esto se debería a la acumulación de agua en el suelo, dado que desde enero hasta marzo es el periodo de mayor precipitación, propiciando incrementos en el crecimiento de los árboles, o por el almacenamiento de compuestos orgánicos producidos en el proceso fotosintético durante este último periodo (Brienen y Zudeima 2005), favoreciendo el incremento del ancho de los anillos de crecimiento. Por otro lado, la temperatura del mes de junio podría influir negativamente en el crecimiento de los árboles en los meses previos a la estación de crecimiento, debido posiblemente a una reducción de agua y no sólo con el aumento de la temperatura. (Figura 30)

Además, la literatura señala que cambios en la temperatura pueden influenciar positivamente en el crecimiento debido, posiblemente al efecto de radiación solar y a un aumento en la actividad fotosintética (Clark y Clark, 1994). Para mejorar las correlaciones bajas, se debería mejorar los datos climáticos, completando las celdas o usar datos proporcionados por algunas páginas web. Así mismo, se podrían seleccionar poblaciones más adultas de las especies analizadas.

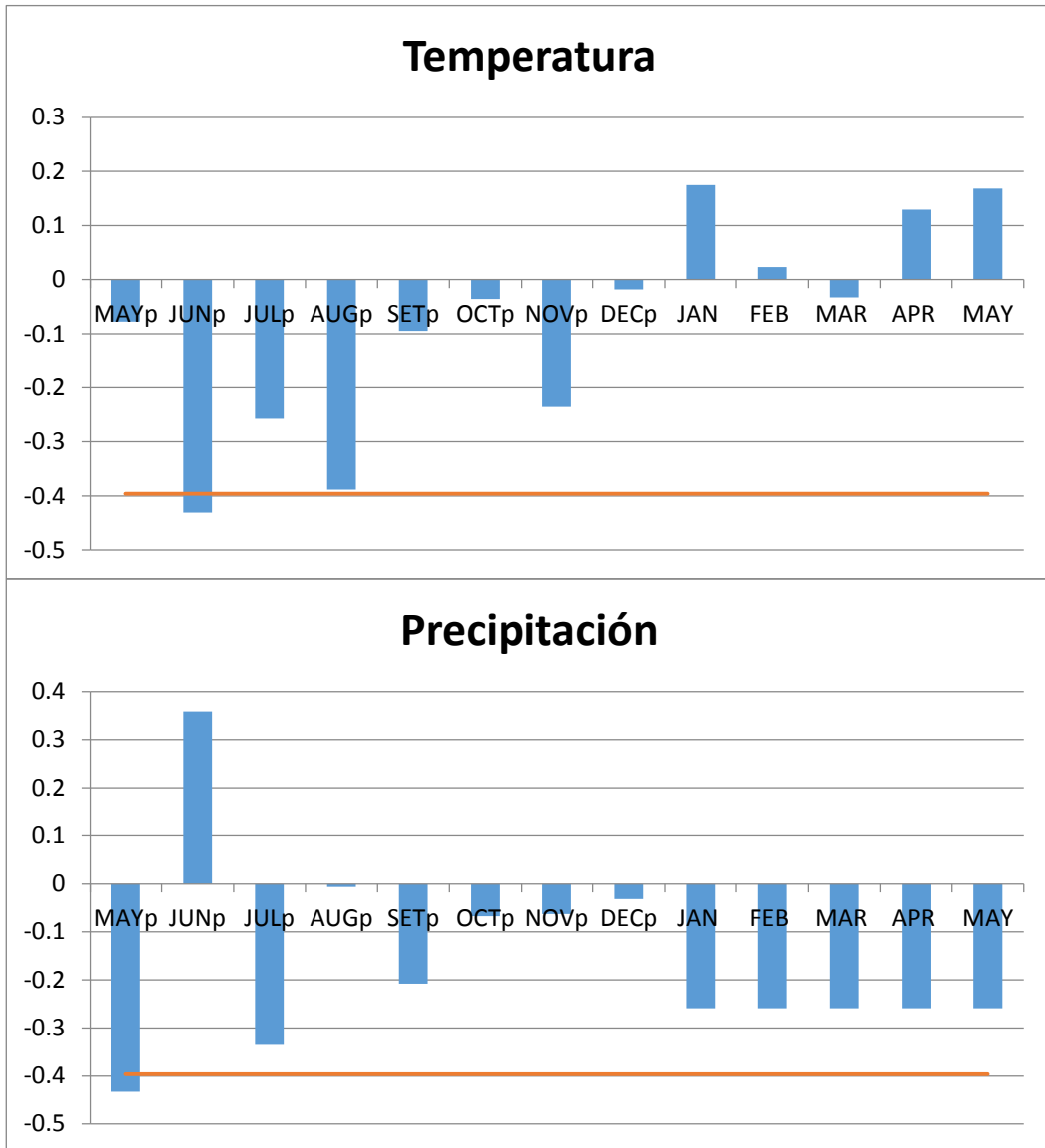


Figura 30: Correlaciones entre los índices de los anillos de crecimiento de *Jacaranda copaia* con las variables climáticas (temperatura media mensual y precipitación media mensual), de la región para la plantación.

Para realizar este tipo de estudios algunos autores sugieren que se tiene que tener información climática de por lo menos de 45 años, por ejemplo la mayoría de estudios elaborados en Sur América sobre la relación del clima con el índice de ancho de anillos de crecimiento de árboles tropicales, han utilizado datos climáticos de más de 50 años (Brienen y Zuidema 2005)

Para *Pourouma minor* se obtuvo una correlación positiva y significativa para la **temperatura** en el mes de **noviembre** del año anterior (t-1), esto quiere decir que conforme vayan mejorando las condiciones de temperatura, se irá incrementando el ancho de los anillos de crecimiento para esta especie; esto debido a la mayor radiación solar, por consiguiente mayor actividad fotosintética. También existen algunos casos, donde el crecimiento no está limitado por el aumento de las precipitaciones, pero sí por la fluctuación de los patrones en la radiación fotosintética Clark y Clark (1994). Para precipitación no se obtuvieron correlaciones significativas, pero sí correlaciones positivas para el mes de diciembre y enero, es decir que para los meses donde existe mayor precipitación, se tienen mayores incrementos de los anchos de anillos. (Figura 31)

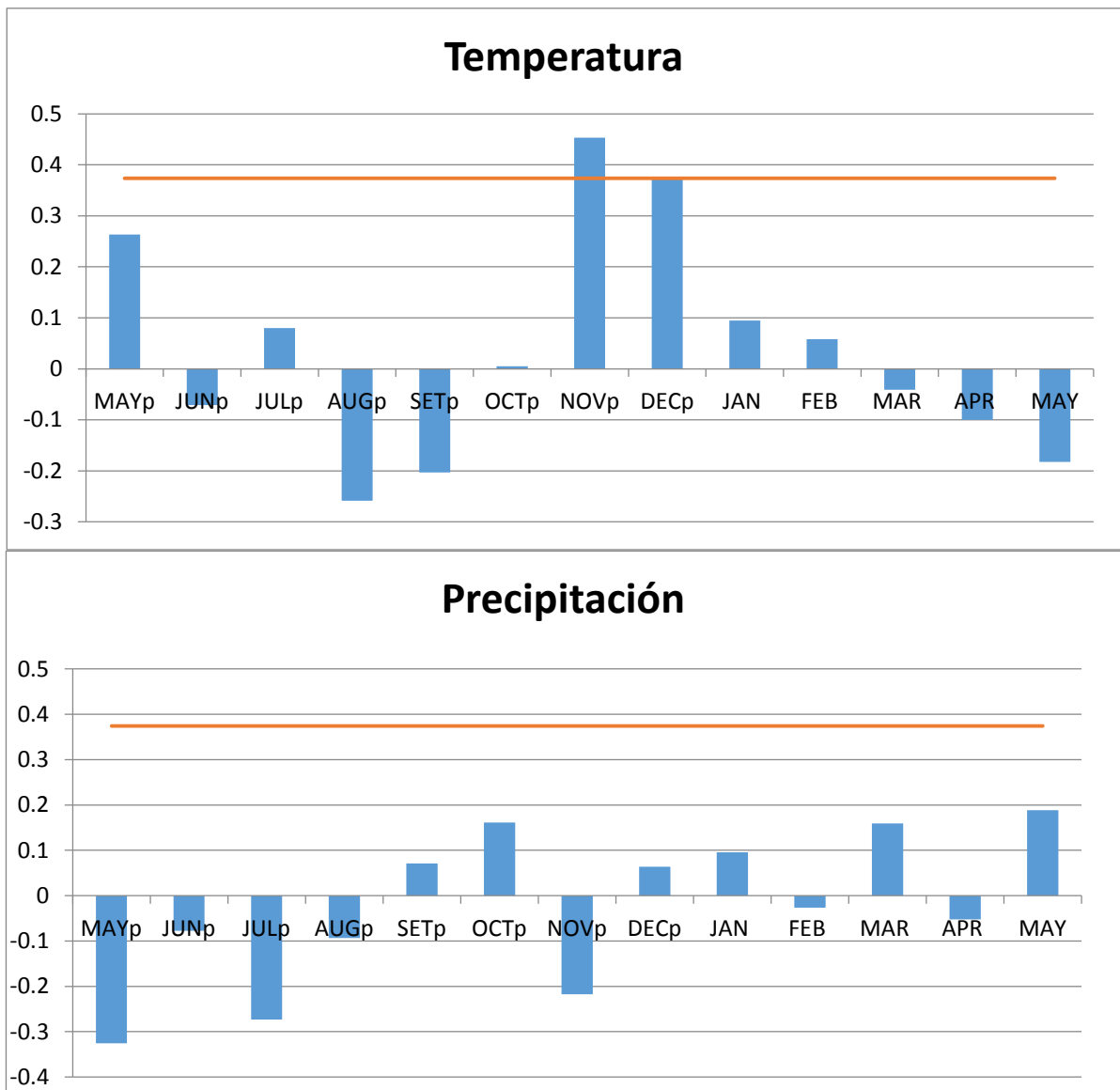


Figura 31: Correlaciones entre los índices de los anillos de crecimiento de *Pourouma minor* con las variables climáticas (temperatura media mensual y precipitación media mensual), de la región para la plantación.

V. CONCLUSIONES

1. La estructura anatómica macroscópica de la *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*, son similares, teniendo algunas características en común: grano recto, porosidad difusa, anillos de crecimiento a simple vista, demarcación del anillo por zonas más oscuras, sin diferencia entre albura y duramen, parénquima en bandas delgadas para *Guatteria hyposericea*, aliforme y aliforme confluyente para *Jacaranda copaia* y aliforme confluyente para *Pourouma minor*.
2. La estructura anatómica microscópica de *Guatteria hyposericea* y *Pourouma minor*, consta de poros medianos y *Jacaranda copaia* de poros grandes; radios heterogéneos tipo II, para las dos primeras especies y homogéneos para *Jacaranda copaia*. En cuanto a longitud de fibra y espesor de pared, las 3 especies tienen longitud mediana y espesor de pared muy delgado.
3. Las tres especies estudiadas (*Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*) tienen potencialidad para estudios dendrocronológicos, por marcar anillos de crecimientos caracterizados por la concentración de fibras de paredes gruesas más oscuras, seguidos por vasos con distribución al azar.
4. No se encontraron correlaciones significativas entre las variables climáticas (T° y pp anuales) y las cronologías de las especies; sin embargo, se encontraron correlaciones significativas para la precipitación y temperatura evaluada por meses.

VI. RECOMENDACIONES

- En futuros estudios, extraer como mínimo 4 tarugos de leño en cada árbol muestreado; ante posible daño de las muestras; de esta forma se podrán hacer más rápidamente las cronologías por especie.
- Establecer una estación meteorológica cerca al área de estudio que trabaje de forma activa al menos en las dos variables climatológicas analizadas.
- Realizar estudios de propiedades físico-mecánicas, preservado, secado y trabajabilidad a la madera de las especies *Gutteria hyposericea* y *Pourouma minor*, a fin de complementar la información anatómica y determinar los posibles usos de las especies.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreu, L; Gutiérrez, E; Macias, M; Ribas, M; Bosch, O; Camarero, J. 2007. Climate increases regional tree-growth variability in Iberian pine forests. *Global Change Biology*. 13(4): 804-815.
- Aróstegui, A. 1974. Estudio Tecnológico de las Maderas del Perú (Zona Pucallpa). Características Tecnológicas y Usos de la Madera de 145 especies del país. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Investigación Agraria y Universidad Nacional Agraria - La Molina. Lima, PE. 484 p.
- _____. 1982. "Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas". Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002 (Documento de trabajo N° 2). Lima, PE. 57 p.
- Baas, P; Miller R. 1985. Functional and Ecological Wood Anatomy some Introductory Comments. *IAWA Bulletin*. 6(s): 281-282.
- Becerra, V. 2008. Determinación del turno de corta de *Cedrela odorata*, *Retrophyllum rospigliosii pilger* y *Prumnopitys harmsiana*, a través del estudio dendrocronológico en la región Cajamarca-Perú. Tesis Mag. Sc. Lima, PE. UNALM. 115 p.
- Beltrán, L; Valencia, G. 2012. Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en el Selva Central, Perú. *Revista de Biología Tropical*. 61(3): 1025-1037.
- Blasing, T; Solomon, A; Duvick, D. 1984. Response functions revisited. *Tree-ring Bulletin*. no. 44:1-15.
- Borlina, N; Lesjak, H; Barrella, W. 2001. Indicadores ambientais: conceitos e aplicações, Universidad Pontificia Comillas. Brasil. s.e. 285 p.
- Brienen, R; Zuidema, P. 2005. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia*. 146 (1): 1-12

- Buckley, B; Duangsathaporn, K; Palakit, K; Butler, S; Syhapanya, V; Xaybouangeun, N. 2007. Analyses of growth rings of *Pinus merkusii* from Lao PDR. *Forestry Ecology Manage*, v. 253: 120-127 p.
- Burger, L; Richter, H. 1991. *Anatomia da madeira*. Sao Paulo. Nobel. 154 p.
- Campos, L. 2009. Dendrocronología en árboles de Tornillo, *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el noreste de la Amazonía, Región Loreto-Perú. Tesis Mg Sc. Lima, PE. UNALM. 129 p.
- Carlquist, S. 1988. Comparative Wood anatomy, systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledonous wood. Springer-Verlag, Berlín, Alemania
- Carpio, I. 2003. *Maderas de Costa Rica: 150 especies forestales*. 2 ed. San José, C.R, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 340 p.
- Castro, V. 2011. Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. e *Tectona grandis* (L.f.). Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 102 p.
- Congreso Nacional de Estudiantes Forestales (2008, Madre de Dios). 2008. “Determinación de la potencialidad de especies forestales para dendrocronología a través de la caracterización anatómica de anillos de crecimiento en la Amazonía Peruana - Brasileira”. Campos, L; Lobao, S; Rosero, J; Tomazello, M; Lisi, C; Torres, G; Yopez, F. Madre de Dios, PE. 12 p.
- Cury, G. 2002 Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do Cerrado e da Mata Atlântica do estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, BR. Universidade de São Paulo. 125 p.
- Clark DA, Clark DB, 1994. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa-Rican tropical rain-forest. *Journal of Ecology*. no.82: 865–872
- Cuatrecasas, J. 2009. Herbario Nacional Colombiano. COL00211910-*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don- Bignoniaceae. (En línea). Consultado 12 ene. 2018. Disponible en: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=ShowObject&accion=show&id=16591>

- Enquist, B; Leffler, A. 2001. Long-term tree ring chronologies from sympatric tropical dryforest trees: individualistic responses to climatic variation. *Journal of Tropical Ecology*. 17(1): 41-60.
- Delgado, S. 2000 Aplicaciones estadísticas en estudios dendrocronológicos. *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza: Editorial de la Universidad nacional de Cuyo. 79-102 p.
- Détienne, P; Jacquet P. 1983. Atlas d'Identification des bois de l'amazonie et des regions voisines. Centre Technique Forestier Tropical. Marne.
- Fichtler, E; Clark, D; Worbes, M. 2003. Age and long-term growth of trees in an oldgrowth tropical rain forest, based on analyses of tree rings and ¹⁴C. *Biotropica*; 35(3): 306-317.
- Fritts, H. 1976. Tree Rings and climate. Laboratory of Tree Ring, research University of Arizona-Tucson. U.S.A. 567 p.
- García, J. 2015. Herbario Nacional Colombiano. COL00420186-Guatteria hiposericea – Annonaceae (En línea). Consultado 12 ene. 2018. Disponible en: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=ShowObject&accion=show&id=673898>
- Garcia, L. 1993. La madera y su anatomía. Ediciones Mundi - Prensa. A. I. T. I. M. Madrid, ES. 320 p.
- Giraldo, J; Del Valle, J. 2011. Estudio del crecimiento de *Prioria copaifera* (Caesalpinaceae) mediante técnicas dendrocronológicas. Grupo de Bosques y Cambio Climático. Scielo. no.568: 30-40.
- Gonzales, A. 2002. Aportes a la caracterización y evaluación agronómica de *Pourouma cecropiifolia* C. Martius "Uvilla" en la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica*. 13(1-2): 5-23.
- Green, D; Winandy, J; Kretschmann, D. 1999. Mechanical Properties of Wood, Chapter 4 (en línea). Consultado 15 de feb. 2018. Disponible en http://woodworkingcompanion.com/KnowHow/Wood/Wood_Handbook/Ch04.pdf
- Grissino-Mayer, HD. 2001. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-ring research*. Tucson, 57: 205-221.

- Herbario virtual UDBC, Universidad distrital Francisco José de Caldas. *Pourouma minor*. 2009. (En línea). Consultado 12 feb. 2018. Disponible en: http://herbario.udistrital.edu.co/herbario/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=16
- Holmes, RL; Adams, RK; Fritts, HC. 1986. Quality control of crossdating and measuring: a user's manual for program COFECHA. In: Treering chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Tucson: Arizona University. 15-35 p.
- _____, RL. 1994. Dendrochronology: program manual. Tucson: laboratory of tree-ring research. 40 p.
- IAWA (International Association of Wood Anatomists, NL). 1989. List of Microscopic Features for Hardwood Identification with an appendix on non-anatomical information. Leiden, NL. Boletín 10(3):219–332.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, BR) 1991. Normas de procedimientos em estudos de anatomía da madeira: I. Angiospermae, II. Gimnosperame. 19 p.
- ITTO (The International Tropical Timber Organization). Carahuasca (*Guatteria hyposericea*) (En línea). S.a. Consultado 15 jul. 2018. Disponible en: <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/carahuasca-guatteria-hyposericea/>
- JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena). 1981. Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo andino. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el área de los Recursos Forestales Tropicales. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, PE. 442 p.
- _____. 1989. Manual del grupo andino para aserrío y afilado de sierras cintas y sierras circulares. Lima, PE. 270 p.
- Kaennel, M; Schweingruber, FH. comps. 1995. Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and definitions in English, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt. 467 p.
- León, W; Espinoza de Pernia 2001. Anatomía de la madera. Universidad de los Andes. Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela. 397 p.

- León, W. 2007. Anatomía del xilema secundario de diez especies de la familia Bignoniaceae de Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*. 30(2): 361-384.
- Lluncor, D. 2011. Estudio de la estructura anatómica de diez especies de bosques secundarios y primarios remanente (en línea). Lima, PE. Consultado 5 feb. 2018. Disponible en: http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/PD512_08_Estructura_anat%C3%B3mica_de_10_especies_de_bosques_secundarios.pdf
- López, L; Villalba, R; Peña, C. 2002. Periodicidad en el crecimiento de siete árboles forestales, usando como indicador cicatrices de fuego, marcados durante el incendio forestal de 1995, ocurrido en la Chonta, Guarayos Santa Cruz, Bolivia. *IANIGLA/CONICET*. 330: 1-27.
- Lozada, PW; Arellano, GA. 2008. Lista preliminar comentada de las ‘‘Cigarritas’’ (Insecta: Hemiptera: Cicadellidae) de Chanchamayo y Satipo, Perú. *Ecología Aplicada*. 7(1,2):117-122.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2014. Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales. Quito, EC. 105 p.
- MC Carthy, B. 1998. Dendrochronology Seminar. PBIO-69. Dendrochronology Seminar 500 Server. Ohio University. Ohio, U.S.A. (En línea). Consultado 15 mar. 2018. Disponible en: http://www.collegetermpapers.com/TermPapers/Miscella/HOW_USEFUL_IS_DENDROCHRONOLOGY_TO_ARCHAEOLOGY.html
- Marcelo-Peña, JL; Reynel R, C. 2014. Patrones de diversidad y composición florística de parcelas de evaluación permanente en la selva central de Perú. *Rodriguésia*. 65(1): 035-047.
- Ortega, D. 2014. Evaluación de la influencia del raleo en el crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham. Aplicando técnicas dendrocronológicas en plantaciones de Cajamarca – Perú. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE. UNALM. 91 p.
- Paula, J. (s.a). Anatomia de madeiras da Amazônia com vistas à polpa e papel (En línea). Consultado 13 feb. 2018. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v7n2/1809-4392-aa-7-2-0273.pdf>

- Priya, PB; Bhat, KM. 1999. "Influence of rainfall, irrigation and age of the growth periodicity and wood structure in teak (*Tectona grandis*)". IAWA Journal 20: 181-192.
- Quispe, S. 2010. Estudio anatómico de las maderas de *Hyeronima alchorneoides* Allemao, *Licania octandra* (Hoffmanns. Ex Roem. Y Schult.) Kuntze y *Oxandra xylopioides* Diels. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE. UNALM. 71 p.
- Reynel, C; Pennington, R; Pennington, T; Flores, C; Daza, A. 2003. Árboles útiles de la amazonía peruana y sus usos, un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina, Royal Botanic Gardens Kew, Royal Botanic Gardens Edinburgh e ICRAF. 537 p.
- Roig, F. 1986. The Wood of *Adesmia horrida* and its Modifications by Climatic Conditions. IAWA Bull. n.s. 7: 129-135.
- Rodríguez, R, Mabres, A, Luckman, BH, Evans, M, Masiokas, M; Ektvedt, MK. 2005. "El Niño" events recorded in dry-forest species of the lowlands of northwest Peru. *Dendrochronologia*. 22: 181-186.
- Rosero, J. 2009. Dendrocronología de árboles de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru. Piracicaba, 129 p.
- _____, J. 2011. Análisis Dendrocronológico de tres especies forestales del Bosque seco Ecuatorial Estacional. Tesis Ing. Forestal. Lima. PE. UNALM. 124 p.
- Ross, RJ; Brashaw, BK; Pellerin, RF. 1998. Nondestructive evaluation of wood. *Forest Products Journal*, Madison. 48(1): 14-19.
- Rubio, J. 2002. Estadística. Universidad Nacional Agraria La Molina. PE. 175 p.
- Spichiger R, Méroz, J. Loizeau P.-A, Stuz De Orteza L. 1990. Contribución a la Flora de la Amazonía Peruana, de los árboles del Arbolétum Jenaro Herrera. *Ginebra*. 20: 359 p.
- Schulman, E. 1956. Dendroclimatic change in semiarid America. Tucson, Arizona. University of Arizona Press. 142 p.
- Schweingruber, FH. 1988. Tree rings: basics and applications of dendrochronology. Dordrecht: Reidel, 276 p.

- Sette JR, C; Tomazello F, M; Dias, CT; Laclau, JP 2010. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização. *Revista árvore*. 34(6): 979-990.
- Soliz-Gamboa, CC.; Rozendaal, DMA.; Ceccantini G; Angyalossy, V, Van Der Borg, K; Zuidema, PA. 2010. Evaluating the annual nature of juvenile rings in Bolivian tropical rainforest trees. *Trees-Structure and function*. 25(1):17-27.
- Stokes, MA; Smiley, TL. 1996. An introduction to tree-ring dating, 2nd ed. Arizona: The University of Arizona Press. 73 p.
- Tomazello, M; Botosso, PC; Lisi, C. 2001. “Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronología e dendroclimatología. 117-143 p.
- _____, M; Lisi, C.; Hansen, N; Cury, G. 2004. Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of Sao Paulo, Brazil. *Scientia Forestalis*. no.66: 46-55.
- Tropicos 2009. Flora de Nicaragua, *Pourouma minor* Benoist (En línea). Consultado 15 ene. 2018). Disponible en: <http://www.tropicos.org/name/21300376?projectid=7>
- Venegas, A. 2013. Dendrocronologia de árvores de *Tectona grandis* L. e *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* Barr. Et Golf de plantacao da Mata da Pedreira, Campus da ESALQ-USP. Tesis Ph.D. Piracicaba, SP. 142 p.
- Worbes, M. 2004. Tree-ring analysis. *Encyclopedia of Forest Science*. Elsevier. Oxford, UK. 586-599 p.
- Zúñiga, C. 2012. Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. procedente del Fundo Génova – Junín. Tesis Ing. Forestal, Lima, PE. UNALM. 97 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 INTER-CORRELACIÓN DE LAS SERIES CRONOLÓGICAS A PARTIR DE LOS ANCHOS DE ANILLOS DE CRECIMIENTO PARA LA ESPECIE *Guatteria hyosericea*

Secuencia	Serie	Intervalo	Intercorrelación	
			1980-2009	1995-2024
1	G8A	1997 2015		0,09B
2	G8B	1997 2015		0,35B
3	G9A	1991 2015	0,61	
4	G9B	1997 2015		0,78
5	G9C	1998 2015		0,44
6	G9D	1997 2015		0,58
7	G10A	1979 2015	0,32A	
8	G10B	1987 2015	0,56	
9	G1A	1996 2015		0,04B
10	G1B	2001 2015		0,73
11	G2A	2002 2015		0,69
12	G2B	2001 2015		0,79
13	G13A	1993 2015	0,29A	
14	G13B	1994 2015	0,73	
15	G16A	1990 2015	0,53	
16	G16B	1999 2015		0,82
17	G11A	1996 2015		0,74
18	G11B	1997 2015		0,79
19	G7A	1996 2015		0,64
20	G7B	1994 2015	0,67	
21	G12A	1991 2015	0,57	
22	G12B	1992 2015	0,57	
23	G15A	1993 2015	0,24B	
24	G3B	2002 2015		0,38A
25	G17B	1994 2015	0,26A	
Correlación promedio			0,49	0,56

Correlación Pearson 99%, nivel crítico de correlación 0,4226; A: Correlación máxima obtenida; B: Presencia de correlaciones más elevadas que en otras posiciones

ANEXO 2
INTER-CORRELACIÓN DE LAS SERIES CRONOLÓGICAS A PARTIR DE LOS
ANCHOS DE ANILLOS DE CRECIMIENTO PARA LA ESPECIE *Jacaranda*
copaia

Secuencia	Serie	Intervalo	Intercorrelación	
			1980-2009	1995-2024
1	j1b	1992 2015	0,66	0,75
2	j9a	1999 2015	0,32B	
3	j14a	2001 2015		0,49B
4	j14b	2004 2015		0,20B
5	j13a	2003 2015		0,77
6	j13b	1999 2015	0,7	
7	j15a	1997 2015	0,53	
8	j15b	1998 2015	0,38A	
9	j8a	1993 2015	0,52	0,47A
10	j8b	1993 2015	0,49A	0,46A
11	j12a	2001 2015		0,9
12	j12b	2002 2015		0,7
13	J12AA	2002 2015		0,69
14	J5B	1997 2015	0,24B	
15	J5MR	2003 2015		0,83
16	J2A	2000 2015		0,50A
17	J2B	2003 2015		0,85
18	J3B	2006 2015		0,76
19	J4B	2006 2015		0,81
20	J11A	2001 2015		0,71
21	J11B	1991 2015	0,61	0,62
Correlación promedio			0,49	0,66

Correlación Pearson 99%, nivel crítico de correlación 0,5155; A: Correlación máxima obtenida; B: Presencia de correlaciones más elevadas que en otras posiciones

ANEXO 3
INTER-CORRELACIÓN DE LAS SERIES CRONOLÓGICAS A PARTIR DE LOS
ANCHOS DE ANILLOS DE CRECIMIENTO PARA LA ESPECIE *Pourouma minor*

Secuencia	Serie	Intervalo	Intercorrelación	
			1980 - 2019	2000 - 2039
1	pm01A	1998 2015	0,30B	
2	pm03A	1995 2015	0,47	
3	pm03B	1995 2015	0,45	
4	pm04A	1993 2015	0,29B	
5	pm06A	1999 2015	0,26B	
6	pm06B	1999 2015	0,23B	
7	pm07B	1997 2015	0,28A	
8	pm09B	2002 2015		0,11B
9	pm10A	2003 2015		0,61
10	pm10B	2003 2015		0,43B
11	pm12B	2001 2015		(-) 0,31B
12	pm13A	2004 2015		0,63
13	pm13B	2004 2015		0,65
14	pm14A	2003 2015		0,66
15	pm14B	2003 2015		0,59
16	pm15A	1997 2015	0,72	
17	pm15B	1997 2015	0,73	
18	pm18	1988 2015	0,39	
Correlación promedio			0,41	0,42

Correlación Pearson 99%, nivel crítico de correlación 0,3665; A: Correlación máxima obtenida; B: Presencia de correlaciones más elevadas que en otras posiciones

ANEXO 4
VARIABLES METEOROLÓGICAS ESTACIÓN ‘SATIPO’

Estación:	Satipo - 000571	Latitud:	11° 13' 12"
Tipo:	Convencional	Longitud:	74° 37' 37"
Departamento:	Junín	Altitud:	588
Provincia:	Satipo		
Distrito:	Satipo		

Código	Variable	Año	01_ENE	02_FEB	03_MAR	04_ABR	05_MAY	06_JUN	07_JUL	08_AGO	09_SET	10_OCT	11_NOV	12_DIC
571	Precipitación (mm)	1979	377,2	298,4	293,6	203,6	99,4	30,2	85,6	75,4	61,8	110	257,8	263,7
571	Precipitación (mm)	1980	322,4	309,6	272,4	175,2	61,8	59,2	24,2	36,8	118,2	266,6	87,6	150,6
571	Precipitación (mm)	1981	415,2	248,2	327,4	256,8	89,8	206,4	144	208,2				
571	Precipitación (mm)	1982					77,4	102,6	102,6	144		209,4		
571	Precipitación (mm)	1983												
571	Precipitación (mm)	1984												
571	Precipitación (mm)	1985												
571	Precipitación (mm)	1986											148,8	313,6
571	Precipitación (mm)	1987	574,4	153,4	69,4	123,8	70,6							
571	Precipitación (mm)	1988												
571	Precipitación (mm)	1989	999,6	433,4	221,6	395	277,2	129,4	28,2	115,8	163,4	441,4	187,2	244,6
571	Precipitación (mm)	1990	542,2	414,4	289,4	152,8	480	248,6	83,6	379,6	275,4	408,6	322,8	214
571	Precipitación (mm)	1991	429,6	305,6	344,6	321,4	50,8	69,4	16	8,8	108,8	163,2	198,3	202,6
571	Precipitación (mm)	1992	239,8	318,4	444,2	130,4	97,6	269,2	70,6	377,8	235,6	151,2	193,6	251,2
571	Precipitación (mm)	1993	439,2	499,8	500	260,6	155,8	120,6	99,6	296,2	155,8	225,4	195,9	453,4
571	Precipitación (mm)	1994	646,4	565	537,4	239,6	128,6	19,6	22,4	49	168,3	347,2	205,6	221

571	Precipitación (mm)	1995	488,8	204,6	408,4	97,6	78,2	55,4	55,2	54,2	107,4	150,8	234,4	142,2
571	Precipitación (mm)	1996	954,9	751,9	472,4	463,5	132,7	241,1	67,3	157,6	17,8	59	50,3	88,1
571	Precipitación (mm)	1997	131,4	86	62,9	25,1	49,9	41,6	59,1	137,2	128,5	134,9	174,4	195,3
571	Precipitación (mm)	1998	231,7	306,2	210,2	137,4	27,2	47,3	6,1	81,4	183,7	338,9	184,6	240,7
571	Precipitación (mm)	1999	294,3	397,7	246,5	107,8	69,6	21,3	22,6	64,3	167,9	134,7	123,2	384,4
571	Precipitación (mm)	2000	273,7	216	278,1	101,1	108,9	49,6	40,5	112,7	89	100,2	206,9	160,3
571	Precipitación (mm)	2001	252	253,5	305,5	121,2	50,5	14,7	90,8	74	158	179,2	120,9	325
571	Precipitación (mm)	2002	160	296,4	191	82,4	105,4	5,1	156,1	116,7	135,4	224,2	152,9	283
571	Precipitación (mm)	2003	295,3	133,5	327,1	70,4	82,4	176,8	94,1	91	151,1	92,1	169,9	195,2
571	Precipitación (mm)	2004	286,3	313,4	141,1	87,6	96,8	39,5	140,5	138,4	69,3	176,2	321	139,2
571	Precipitación (mm)	2005	117,5	185,5	248,7	182,4	22,4	22,4	71	81,9	61,2	218,7	200,1	279,6
571	Precipitación (mm)	2006	237,8	180,5	84,8	85,9	41,8	117,4	27	77,1	101	354,7	208,6	301
571	Precipitación (mm)	2007	192,6	125,1	210,4	69,5	89,9	67,5	72,3	97	73,1	175,6	99	299,7
571	Precipitación (mm)	2008	304,6	349,6	161,9	246	88,2	33,1	76	55,3	81,8	190,9	100,7	162,7
571	Precipitación (mm)	2009	264,7	253,4	176,4	84,3	127,1	76,4	87,7	25,6	97,1	186,7	200,2	266,2
571	Precipitación (mm)	2010	419,1	282,6	175,2	80,3	49,9	112,4	50,1	52,2	31,3	129,8	158	301,5
571	Precipitación (mm)	2011	235,7	309	63,6	228,7	156,7	39	100,2	74,6	98,7	239,3	143,4	216,9
571	Precipitación (mm)	2012	244,3	446	265,1	169,4	74,3	46,8	21,3	29,6	41,3	111,1	198,5	437,1
571	Precipitación (mm)	2013	145,1	334,6	226,1	39,7	26,7	114,1	17,7	150,3	65,6	150,4	112,5	214,9
571	Precipitación (mm)	2014	339,4	220,6	251,2	122,8	95	63,8	92,7	37,3	128,5	87,3	149,6	242
571	Precipitación (mm)	2015	309,5	260,7	249,7	140,6	140,2	31,6	33	83,2	156,4	152,5	246,9	177,1

ANEXO 5
DATOS OBTENIDOS DE LA PÁGINA WEB CLIMATE EXPLORER (PERIODO 1979 -2015)

<i>Año</i>	<i>enero</i>	<i>febrero</i>	<i>marzo</i>	<i>abril</i>	<i>mayo</i>	<i>junio</i>	<i>julio</i>	<i>agosto</i>	<i>septiembre</i>	<i>octubre</i>	<i>noviembre</i>	<i>diciembre</i>
1979	22,68571	22,21428	22,32857	22,02857	20,85714	19,58571	19,2	20,18571	20,22857	20,82857	21,18571	21,94286
1980	22,71428	22,62857	22,74286	22,45714	21,18571	20,14286	19,44286	19,62857	19,5	20,07143	21,01429	21,82857
1981	21,25	22,41429	23,05	20,76667	20,36667	18	18	19,45714	19,71667	20,73333	20,48	21,36667
1982	21,675	21,55	21,1	21,55	20,98333	19,62	20,18333	20,23333	21,16	21,23333	0	24,675
1983	24,6	24,5	24,31667	23,8	23,24	22,2	21,5	0	21,13333	21,66667	23,175	22,08
1984	21,91667	21,65	21,9	21,55	21,86	20,8	19,65	20,22	21,21667	21,93333	20,72	21,42
1985	23,08	22,78	22,13333	21,2	21,22	20,725	18,98334	20,24	20,18333	21,13333	22,16	22,35
1986	22,05	21,78333	21,35	21,775	20,28	20,64	18,98	19,86667	20,36667	21,05	22,42	22
1987	22,7	23,05	24,425	22,2	20,52	20,43333	20,03333	0	20,86667	20,9	22,22	22,11667
1988	22,43333	23,475	22,18333	21,78333	20,95	19,41667	18,925	18,46	0	22,8	21,42	23,425
1989	21,64	22,26666	22,82	20,61667	20,575	19,28333	19,1	19,56	20,58333	21,48	22,54	22,61667
1990	21,98333	22,38333	22,34	21,45	20,98333	19,76667	19,4	20,76	19,3	0	0	0
1991	23,46	22,68	22,6	22,13333	21,36667	17,85	19,3	16,55	20,71667	21,75	21,5	23,46667
1992	23,63333	24,93333	25,9	24,86667	23,5	21,13333	19,43333	19,6	20	20,86667	21,86667	22,24
1993	22,41667	24,46667	24,1	23,13333	22,33333	21,4	20,23333	20,11667	20,85	20,56	21,23333	21,65
1994	22,175	23,38	23,83333	23,03333	21,52	20,2	19,76667	20,16667	20,98	20,93333	22,5	22,81667
1995	24,63333	24,46667	22,51666	22,13333	20,46	20,2	20,28	20,68333	20,86	21,3	21,53333	22,45
1996	22,15	22,41667	23,1	21,62	20,83333	19,8	19,3	20,16667	19,46667	21,35	20,56667	22,11667

1997	23,53333	22,3	22,66667	23,23333	23	22,7	23,1	23,5	0	22,96667	23,53333	25,3
1998	26,8	27,03333	26,1	24,7	22,43333	21,2	21,03333	20,56667	20,26667	21,75	21,5	22,6
1999	23,2	24,56667	22,41667	22,26667	20,65	19,8	19,98333	19,56667	21,1	20,83333	21,2	22,53333
2000	23,43333	23,73333	23,16667	22,03333	21	20,1	19,23333	20,61667	20,2	21,48333	22,35	22,66667
2001	22,11667	23,01666	23,76667	22,86667	20,96667	19,33333	20,7	19,5	19,6	20,46667	21,2	22,2
2002	23,4	24,1	24,73333	23,3	21,83333	19,9	19,3	19,76667	20,06667	20,93333	21,43333	22,83333
2003	24,16667	24,7	0	22,1	20,66667	19,86667	19,76667	0	0	21,13333	22,26667	22,93333
2004	24	24,56667	22,5	23,1	20,7	19,9	20,03333	0	20,8	21,13333	21,83333	23,16667
2005	24,33333	24,13333	24,3	22,73333	21,46667	20,2	19,63333	20,23333	20,26667	20,5	0	0
2006	23,93333	0	24,76667	22,4	20,66667	0	21,13333	0	0	0	22	23
2007	24,66667	0	23,93333	0	20,43333	19,36667	19,33333	19,36667	19,53333	19,76667	20,8	21,76667
2008	23,86667	24,23333	24,3	22,36667	20,23333	19,7	20,66667	20,83333	20,5	20,7	21,83333	23,03333
2009	23,96667	24,53333	24,43333	0	21,26667	20,36667	20,8	20,33333	20,7	21,13333	22,2	23,2
2010	24,8	25,26667	24,7	23,63333	21,86667	20,46667	18,86667	19,4	20,23333	20,53333	21,2	22,26667
2011	23,63333	24	22,93333	22,53333	21,63333	21,4	20,36667	19,8	19,9	20,36667	21,76667	23,4
2012	23,73333	0	24,03333	23,46667	22,06667	21,63333	0	20,26667	20,63333	20,83333	21,73333	22,73333
2013	23,96667	24,4	23,73333	22,16667	21,06667	19,96667	18,93333	19,03333	20,1	20,33333	21,06667	23,1
2014	24,26667	23,83333	23,66667	22,13333	22,16667	21,83333	19,66667	19,8	20,13333	20,76667	21,53333	22,5
2015	23,33333	24,56667	24,43333	23,1	22,7	22,16667	21	22,7	21,66667	22,6	23,02	23,33333

ANEXO 6 CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
LABORATORIO DE DENDROLOGÍA Y HERBARIO



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud de la señorita **Linda E. Zegarra Agüero** ex - alumna de la Facultad de Ciencias Forestales UNALM, se proporciona la identidad de los especímenes indicados.

La información proporcionada por la depositante sobre las muestras es:

Proyecto : Tesis "*Caracterización anatómica y dendrocronológica de Guatteria hyposericea, Jacaranda copaia, Pourouma minor* de Junín Perú"

Zona de colección : Fundo Santa Teresa. Río Negro - Satipo
Provincia : Satipo
Departamento : Junín
Colector : Linda E. Zegarra

N° COL	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
LZA-01	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Huamanzamana	BIGNONIACEAE
LZA- 02	<i>Pourouma minor</i> Denoist	URTICACEAE
LZA- 03	<i>Guatteria hyposericea</i> Diels	Carahuasca	ANNONACEAE

Determinado por:

Carlos Reynel Rodríguez Ph. D.
Profesor Principal Dpto. Manejo Forestal
Director del Laboratorio de Dendrología
y Herbario Forestal UNALM (MOL)



La Molina, 29 de mayo de 2018