



Dendro-anatomía de la madera de *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor* en Junín, Perú

Dendro-wood anatomy of *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia*, and *Pourouma minor* in Junín, Peru

Linda E. Zegarra-Agüero^{1,*}, Manuel Chavesta-Custodio¹ y José Luis Marcelo-Peña²

Recibido: 24 abril 2024 | **Aceptado:** 27 julio 2024 | **Publicado en línea:** 19 agosto 2024

Citación: Zegarra-Agüero, LE; Chavesta-Custodio, M; Marcelo-Peña, JL. 2024. Dendro-anatomía de la madera de *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor* en Junín, Perú. Revista Forestal del Perú 39(1): 187-201. DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v39i1.2157>

Resumen

En los bosques de Perú se realizan actividades de aprovechamiento forestal, pero se desconocen las tasas de crecimiento de los árboles, esta problemática pone en riesgo el aprovechamiento sostenible de las especies maderables en el país. Los objetivos de esta investigación fueron caracterizar la estructura anatómica, construir una cronología de los anillos de crecimiento de *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*, y determinar la influencia de las variables climáticas en el crecimiento de estas especies. Las muestras de leño se obtuvieron de un bosque secundario tardío, ubicado en los alrededores de Satipo, Junín, Perú. Para la caracterización anatómica de la madera, se prepararon láminas histológicas y tejido macerado, conforme al IBAMA (1991) e IAWA (1989). Los anillos de crecimiento fueron demarcados por cambios en el espesor del diámetro de las fibras, visibles como zonas más oscuras. Se aplicaron técnicas dendrocronológicas para procesar, medir y analizar los anillos de crecimiento. Los resultados revelaron que las especies son juveniles, con edades que oscilan entre 37 (*Guatteria hyposericea*), 25 (*Jacaranda copaia*) y 28 (*Pourouma minor*) años. Aunque no se evidenciaron correlaciones significativas entre las cronologías de las especies y las variables climáticas anuales; se observaron correlaciones significativas positivas y negativas con variables climáticas mensuales.

Palabras clave: anatomía de la madera, dendrocronología, dendroclimatología, *Pourouma*, *Guatteria*, *Jacaranda*

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú.

² Universidad Nacional de Jaén (UNJ), Cajamarca, Perú.

* Autor de Correspondencia: linda.zegarra21@gmail.com

Abstract

In the Peruvian forests, the anthropic activities as illegal logging are carried out, but the growth rates of trees are unknown. This issue can jeopardize the sustainable exploitation of timber species in our country. The aims of this research were to characterize the wood anatomical features, construct a chronology of *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia*, and *Pourouma minor*, and determine the influence of climatic variables on the growth rings of the selected species. For this study, wood samples were obtained from a late secondary forest located near Satipo, Junín, in central Peru. Histological slides and macerated tissue were prepared for the anatomical characterization of the wood according to IBAMA (1991) and IAWA (1989) standards. Growth rings are demarcated by changes in fiber diameter thickness (darker zones). Dendrochronological techniques were applied to process, measure, and analyze the growth rings. Our results showed that the species are juveniles with ages ranging from 37 (*Guatteria hyposericea*), 25 (*Jacaranda copaia*), and 28 (*Pourouma minor*) years. Although no significant correlations were found between species chronologies and annual climatic variables, significant positive and negative correlations were observed with monthly climatic variables.

Key words: wood anatomy, dendrochronology, dendroclimatology, *Pourouma*, *Guatteria*, *Jacaranda*

Introducción

Los bosques tropicales son ecosistemas vitales para la biodiversidad y juegan un papel crucial en la regulación del clima global (Luna 2005). Dentro de esta categoría, los bosques de Satipo, en Junín, destacan por su alta diversidad biológica y la riqueza de especies con valor económico significativo (Rivera *et al.* 2023), además de ser importantes sumideros de carbono (Dávila 2019). Sin embargo, esta riqueza se ve amenazada por la alteración de la población forestal debido a la tala selectiva, facilitada por la accesibilidad y la aptitud de los suelos aptos para la agricultura, siendo ésta la principal actividad económica de la región (Marcelo-Peña y Reynel 2014; Reynel *et al.* 2013).

A pesar del uso extensivo de las especies forestales locales, persiste una falta de conocimiento de sus características, especialmente en lo que respecta a su anatomía y dendrocronología. Los estudios anatómicos de la madera en esta región son escasos y se enfocan principalmente en especies de importancia maderable, dejando un vacío en el conocimiento de la anatomía de especies menos estudiadas como *Guatteria hyposericea* Diels. y *Pourouma minor* Benoist.

La comprensión de la estructura de los anillos de crecimiento es crucial para la investigación dendrocronológica, un campo de estudio que ha sido subexplotado en relación con las especies mencionadas. Los estudios dendrocronológicos utilizan los anillos de crecimiento para asignarles un año específico de formación, lo que permite establecer relaciones entre el crecimiento de los árboles y el ambiente circundante, incluyendo eventos climáticos pasados (Novak 2017).

En el Perú, los estudios dendrocronológicos están avanzando en diversos ecosistemas boscosos, enfocándose en la datación de anillos de crecimiento y la respuesta climática de los árboles. Estos estudios incluyen investigaciones de Portal *et al.* (2023), Rodríguez *et al.* (2022), Crispin (2021), Humanes *et al.* (2020). Además, se han realizado investigaciones específicas en la selva central, como las de Vizarrreta (2023), Inga (2011) y Pereyra (2014). Estas investigaciones han contribuido a la comprensión del crecimiento forestal y las variaciones climáticas en diferentes ecosistemas del país.

En este contexto, se propone caracterizar la estructura anatómica y realizar estudios dendrocronológicos para determinar la influencia del clima en la formación de los anillos de cre-

cimiento de *Guatteria hyposericea* (Annonaceae), *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (Bignoniaceae) y *Pourouma minor* (Urticaceae). Estos esfuerzos no solo contribuirán al entendimiento científico de estos ecosistemas, sino que también proporcionarán información crucial para su conservación a largo plazo.

Materiales y métodos

Zona de estudio

La colecta de muestras se realizó en los bosques del Fundo Santa Teresa de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el distrito de Río Negro, Satipo, departamento de Junín, Perú, ubicado a 850 m.s.n.m (Figura 1). La zona presenta una temperatura entre 20 a 28 °C y una precipitación media anual de 1500 a 2000 mm. Se considera de clima cálido y húmedo (Rodríguez 2010), con déficit moderado de agua en la estación de invierno (Fachín 2010).

Recolección y procesamiento de anatomía de la madera

Se eligieron tres especies *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor*, de los cuales se extrajeron de tres individuos por especie de manera no destructiva mediante una

sonda metálica acoplada a un extractor motorizado, un tarugo de madera de 10 × 1.2 cm (longitud × diámetro) al nivel del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP = 1.3 m) del tronco de 3 individuos por especie en sentido radial de 3 árboles (Campos *et al.* 2010).

Para evitar el ataque de algún patógeno (insecto, hongo, bacteria o virus), los orificios realizados en el tronco se cubrieron con tarugos de madera tratados con una solución preservativa de Borato de Cobre Cromo (CCB). Los tarugos de madera fueron transportados 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).

La descripción anatómica de la madera se realizó con base a la Norma del IBAMA (1991) y la List of Microscopic Features for Hardwood Identification del IAWA (1989). Para el estudio macroscópico, se emplearon los tarugos extraídos previamente con el método no destructivo. Para la caracterización microscópica, se prepararon láminas histológicas empleando

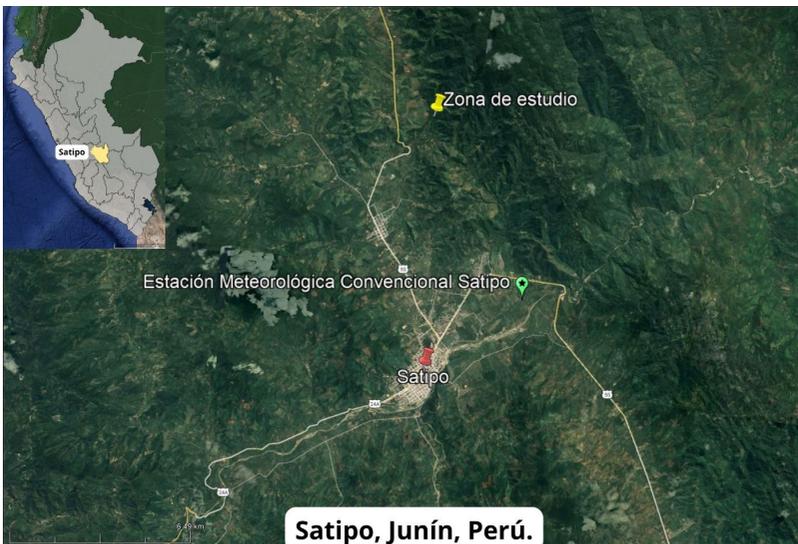


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en Satipo, Junín, Perú.

ablandamiento con agua caliente y para el tejido macerado, el método del ácido nítrico al 33 %. Se calcularon parámetros estadísticos como: promedio, desviación estándar, coeficiente de variabilidad y valor máximo y mínimo de cada una de las especies (IAWA 1989).

Estudio dendrocronológico

Las muestras para el estudio dendrocronológico fueron recolectadas a través del método no destructivo con ayuda del barreno de Pressler (5,15 mm de diámetro, 400 mm de largo). Se obtuvieron 2 muestras (radios) de

leño de 17 árboles, al nivel del DAP. Las muestras de leño fueron identificadas y acondicionadas en sorbetes de plástico, sellados los extremos con cinta masking tape, codificadas y trasladadas al Laboratorio de Anatomía de la madera (LAM) de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria la Molina.

Las muestras fueron procesadas siguiendo las técnicas estándares de dendrocronología (Speer 2010). Los tarugos se montaron en soportes de madera exponiendo su cara trans-

Especie	<i>Guatteria hyposericea</i>	<i>Pourouma minor</i>	<i>Jacaranda copaia</i>
Diferencia albura/Duramen	No hay diferencia		
Color	amarillo claro	amarillo blanquecino	crema
Grano	recto		
Textura	media		
Olor	no distintivo		
Sabor			
Visibilidad de anillos	a simple vista		
Demarcación de anillo	zonas fibrosas más oscuras		
Resistencia al corte	no presenta		
Porosidad	difusa: solitarios y escasos múltiples radiales de dos, forma ovalada	difusa: solitarios y escasos múltiples radiales de tres, forma ovalada	difusa: solitarios y múltiples radiales de 2 a 6 poros, forma ovalada.
Poros	medianos (148 um), muy pocos (3/mm ²)	medianos (170um), muy pocos (4/mm ²)	grandes (201 um), muy pocos (2/mm ²)
Vasos	cortos (317 um)	cortos (276 um)	medianos (485 um)
Parénquima	bandas delgadas (1 célula de ancho)	paratraqueal aliforme y aliforme confluyente	paratraqueal aliforme y aliforme confluyente escaso, no estratificado
Radios	extremadamente bajos (607um) finos (75 um), heterocelulares y pocos (4/mm), heterogéneos tipo II, no estratificados	extremadamente bajos (568 um), multiseriados y finos (55 um), heterocelulares, numerosos (6/mm), heterogéneos tipo II, no estratificados	bajos (617 um) y finos (58 um)homogéneos, biseriados, no estratificados.
Puntuaciones	radiovasculares, simples y alternas	intervasculares, simples y alternas; radiovasculares simples y opuestas	Radiovascular similar al intervascular
Fibras	libriformes, longitud y diámetro medianas (1130 um y 30 um), muy delgadas (3 um). Estratificadas.	libriformes, longitud y ancho medianas (1371 um y 28 um), muy delgadas (3 um). Presencia de series cristalíferas en su interior. Estratificadas.	libriformes, longitud: mediana (1229 um) y diámetro: angostas (18 um), muy delgada (1 um), no estratificadas

Cuadro 1. Resultados de la caracterización anatómica de las tres especies.

versal, luego se pulieron con lijas de granos progresivamente más finos (180 a 1000 grano. pulgada⁻²) para destacar los anillos. Se identificaron y marcaron inicialmente los anillos de crecimiento en su sección transversal con un estereoscopio y un lápiz. La segunda marcación, conteo y medición del ancho de los anillos se realizaron con el software Image Pro-Plus a partir de las muestras previamente digitalizadas.

La calidad del fechado y de la medición fue controlada utilizando el programa COFE-

CHA (Holmes 1983) y se usó el software ARSTAN (Cook y Holmes 1984) para remover las tendencias biológicas no relacionadas con el clima y generar cronologías de índices de ancho de anillo (IAA) para cada especie. Luego se correlacionaron los índices de ancho de anillos (variable dependiente) y las variables climáticas de precipitación y temperatura (variable independiente), utilizando el programa RESPO (Holmes 1983) para determinar qué variables climáticas influyen en el crecimiento de la especie.

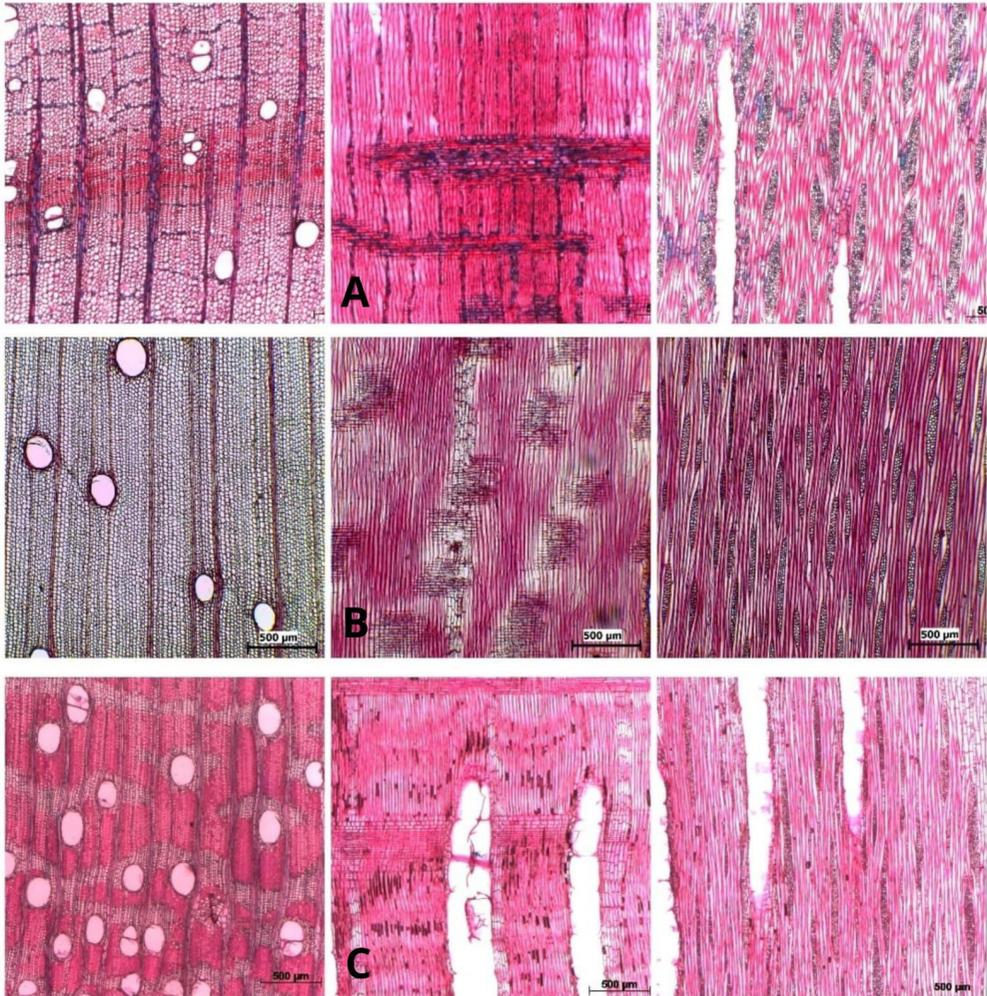


Figura 2. Corte transversal, radial y tangencial *Guatteria hyposericca* (A), *Jacaranda copaia* (B) y *Pourouma minor* (C).

Resultados

Estudio anatómico

Las especies *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor* presentaron características anatómicas comunes, como la similitud entre albura y duramen, el color amarillo blanquecino de su madera, el grano recto, la textura media, el olor y sabor no distintivos. Los anillos de crecimiento son visibles a simple vista, marcados por zonas fibrosas más oscuras, aunque cada especie muestra diferencias

microanatómicas (porosidad, parénquima, radios, etc.) presentadas en el Cuadro 1. Además, en las Figura 2 se observan los cortes transversales, radiales y tangenciales de las especies antes mencionadas, respectivamente.

La estructura de los anillos de crecimiento de las especies *G. hyposericea* (Figura 3A), y *P. minor* (Figura 3B) analizadas a través de la imagen de su sección transversal, se caracterizó por presentar anillos de crecimiento distinguibles a simple vista, mientras que en *J. copaia* son medianamente distinguibles (Figura 3C). Sin

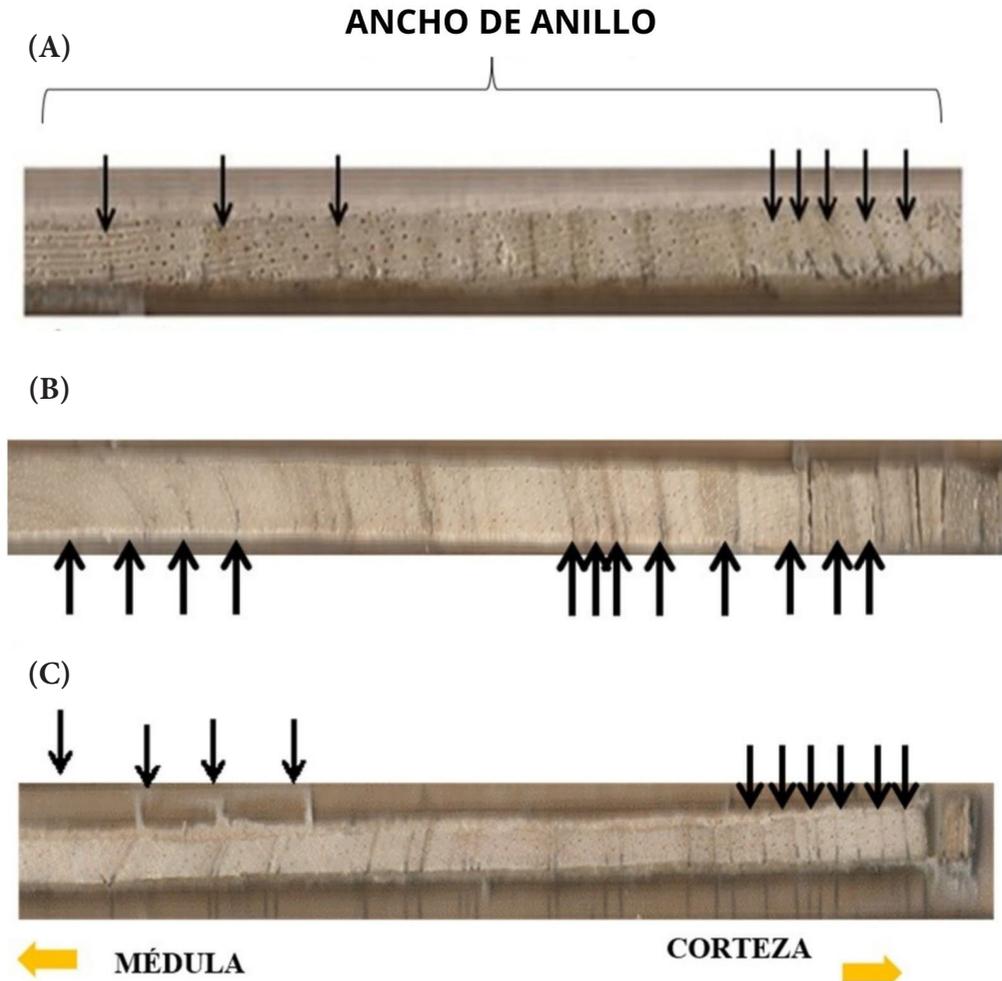


Figura 3. Variabilidad de ancho de anillos en *Guatteria hyposericea* (A), *Pourouma minor* (B), *Jacaranda copaia* (C).

embargo, estos fueron identificados de mejor forma a nivel macroscópico. Presentaron porosidad difusa, con poros de diámetros similares

dentro de los anillos de crecimiento. Las tres especies presentaron variabilidad en el ancho de sus anillos de crecimiento, presentándose

Especie	Árboles iniciales (series iniciales)	Árboles finales (series finales)	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

Cuadro 2. Resultados del control de calidad de las series ejecutadas en el programa COFECHA.

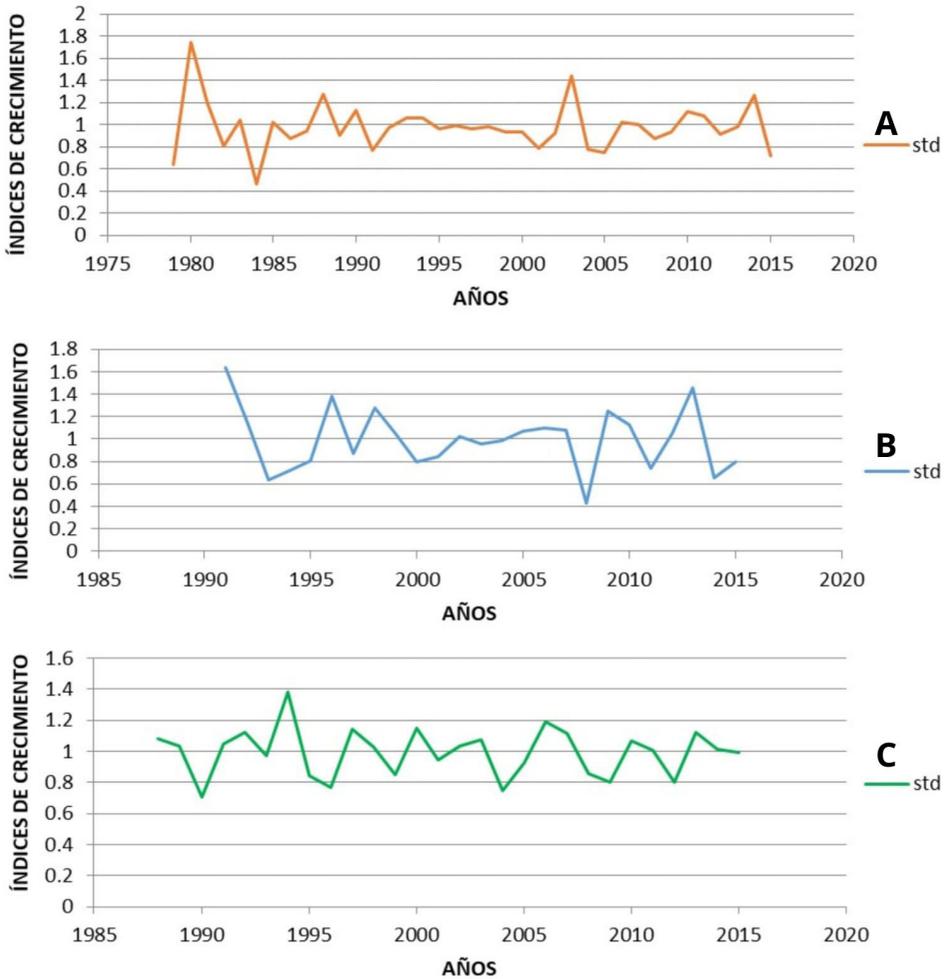


Figura 4. Cronología de *Guatteria hyposericea* (A), *Jacaranda copaia* (B), *Pourouma minor* (C).

Especie		<i>Guatteria hyposericea</i>		<i>Jacaranda copaia</i>		<i>Pourouma minor</i>	
Variable climática		T°	PP	T°	PP	T°	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

p': año previo o año anterior **': correlaciones positivas o negativas (-) significativas.

Cuadro 3. Correlaciones entre especies y variables climáticas: temperatura y precipitación promedio mensual.

anillos anchos (en la proximidad a la médula) y anillos estrechos (cercano a la corteza). *P. minor* y *J. copaia* presentaron anillos caracterizados por la concentración de fibras de paredes gruesas más oscuras, seguidos por vasos con distribución al azar.

Estudio dendrocronológico

A través del control de calidad de las medidas del ancho de anillos de crecimiento, se demostró que del total inicial de muestras extraídas para las especies *G. hyposericea*, *J. copaia* y *P. minor* (36, 31 y 33; respectivamente), solo tenían una señal común de crecimiento 25, 21 y 18 muestras respectivamente, mostrando valores de intercorrelación significativa de 0,518 (*G. hyposericea*), 0,587 (*J. copaia*) y 0,410 (*P. minor*), como se observa en el Cuadro 2. Al aplicar el control de calidad, muchas muestras fueron descartadas del análisis final debido a la presencia de irregularidades en la estructura anatómica como tortuosidad, madera de reacción, anillos de crecimiento falsos o no diferenciados, entre otros.

Las cronologías generadas por el software ARSTAN (Figura 4) indicaron que los árboles de *G. hyposericea* tenían una edad de 37 años (1979 - 2015), *J. copaia* de 25 años (1991 - 2015) y *P. minor* de 28 años (1988 - 2015).

El crecimiento radial de *G. hyposericea*, evidenció una correlación positiva con la precipitación ($r = 0,106$) y negativa con la temperatura ($r = - 0,166$) registrada en la Estación de Satipo desde el año 1979 hasta el 2015. Para *J. copaia*, el crecimiento tuvo una relación negativa con la precipitación ($r = - 0,00058$) como con la temperatura ($r = - 0,164$) durante el periodo de 1991 hasta el 2015. En *P. minor*, el crecimiento tuvo una correlación negativa con la precipitación ($r = - 0,168$) y positiva con la temperatura ($r = 0,179$) durante el periodo de 1988 hasta el 2015. En los tres casos, las correlaciones fueron significativas para un nivel de confianza de 95 %.

Las correlaciones mensuales obtenidas para la *G. hyposericea*, indicaron que el crecimiento del ancho de los anillos de los árboles responde positivamente a la precipitación en el mes de

junio del año anterior (t^{-1}) y en enero del año actual (t), así como la temperatura del mes de junio del año anterior (t^{-1}). En *J. copaia*, el crecimiento del ancho de los anillos de los árboles respondió negativamente a la precipitación en el mes de mayo del año anterior (t^{-1}) y la temperatura del mes de junio del año anterior (t^{-1}). En la *P. minor*, el crecimiento del ancho de los anillos de los árboles respondió positivamente a la temperatura en el mes de noviembre del año anterior (t^{-1}) (Cuadro 3).

Discusión

Estudio anatómico

Para *G. hyposericea*, se observó un diámetro tangencial de poro de 148 μm , en línea con los poros grandes (150 - 200 μm) encontrados por Détienne y Jacquet (1983), aunque menor

al rango reportado por ITTO (s.a.) de 200 μm o más. El promedio de vasos por mm^2 es de 3, comparado con menos de 6/ mm^2 según ITTO (s.a.), y el número de radios/ mm fue en promedio de 4, coincidiendo con los hallazgos de ITTO (s.a.). Para *J. copaia*, el color no muestra distinción entre albura y duramen, consistente con ITTO (s.a.) y Lluncor (2011), mientras que el diámetro del vaso y fibras, coinciden con los hallazgos de Beltrán y Valencia (2012). La textura es media, conforme a MAE y FAO (2014), y las paredes finas de las fibras y su longitud moderada son consistentes con las observaciones de Paula (s.a.). El ancho (fino) y altura (baja) promedio del radio, contrasta ligeramente con los hallazgos de MAE y FAO (2014).

Estudio dendrocronológico

Las muestras del leño de las tres especies presentan variabilidad en el ancho de los anillos de

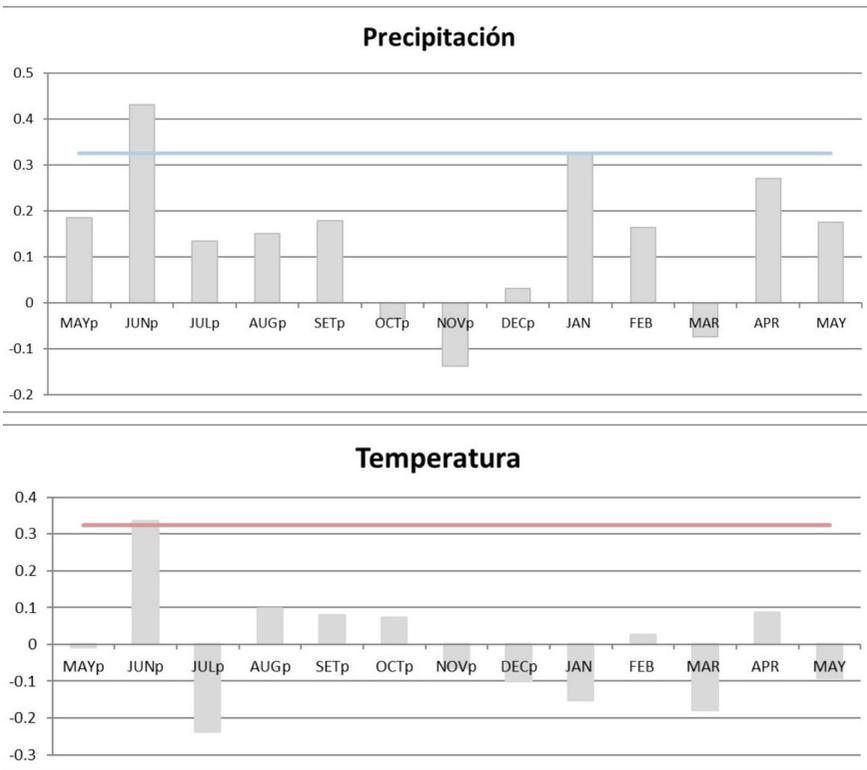


Figura 5. Correlaciones entre los índices de ancho de anillos (IAA) y variables climáticas (pp media mensual y T° media mensual) de *Guatteria hyposericea*.

crecimiento, presentándose anillos anchos (en la proximidad a la médula) y anillos estrechos (cercano a la corteza). Esta variabilidad en el incremento radial indica la sensibilidad de los árboles de estas especies 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). La forma en que se visualizan los anillos de crecimiento en las tres especies; con límites caracterizados por la concentración de fibras de paredes gruesas más oscuras, concuerda con lo indicado por Carlquist (1988) para 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.

Las bajas correlaciones obtenidas entre las series pueden deberse a la mala calidad en la toma de datos meteorológicos de los últimos 30 años provenientes de la estación meteorológica convencional de Satipo o a las bajas sincronizaciones observadas en algunas zonas de la serie cronológica. Esto podría indicar la influencia de factores externos, como la intervención humana, etc. que ha hecho variar el crecimiento de las especies. Los resultados muestran que el crecimiento de las especies no se ve influenciado por la pp y T° anuales, similar a lo obtenido en *Tectona grandis* L. f. (Lamiaceae) en el valle de Chanchamayo (a 120 km de la zona

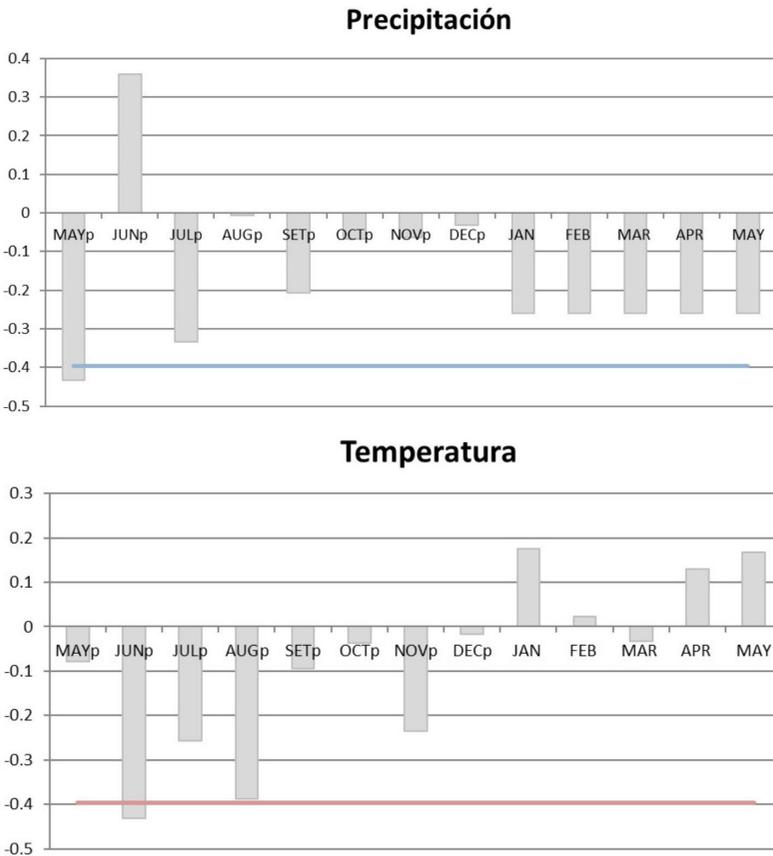


Figura 6. Correlaciones entre los índices de ancho de anillos (IAA) y variables climáticas (pp media mensual y T° media mensual) de *Jacaranda copaia*.

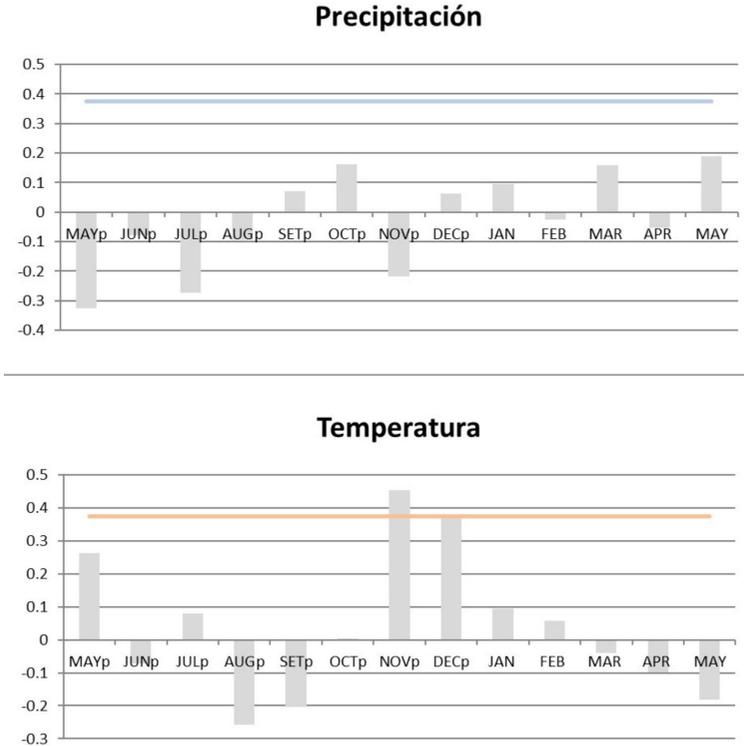


Figura 7. Correlaciones entre los índices de ancho de anillos (IAA) y variables climáticas (pp media mensual y T° media mensual) de *Pourouma minor*.

de nuestro estudio), que obtuvo correlaciones negativas para ambas variables climáticas (Zúñiga 2012). Existen también otros estudios que evidencian correlaciones negativas entre el crecimiento y la precipitación (Huamán 2019; Ancajima 2017; Burneo 2020) quienes al estudiar el crecimiento de las diferentes especies observaron un mayor crecimiento 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) indicaron que la precipitación es el principal factor que influye en el ancho de anillos de crecimiento en especies tropicales. Brienen y Zuidema (2005) señalaron que la disponibilidad de agua tiene gran influencia en el crecimiento de árboles tropicales, no solo 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.

El análisis mensual de *G. hyposericea* (Figura 5) sugiere que el crecimiento de la especie responde positivamente a un aumento de agua. Según Rosero (2009) y Brienen y Zuidema (2005), el inicio de la temporada de lluvias es crucial para el crecimiento de los árboles, proporcionando el agua necesaria para mantener un balance positivo y aprovechar los nutrientes almacenados. Respecto a la temperatura, se observa que mientras esta disminuye se reduce el crecimiento; sin embargo, esta disminución del crecimiento podría estar más relacionada a una disminución de la precipitación (Beltrán 2011).

El crecimiento de *J. copaia* (Figura 6) responde positivamente a una disminución de precipitación, lo podría deberse a la acumulación

de agua en el suelo durante la época lluviosa anterior y al almacenamiento de compuestos orgánicos producidos durante la fotosíntesis en este último periodo (Brienen y Zudeima 2005). 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, posiblemente debido a una reducción de agua disponible.

Para *P. minor* (Figura 7), la mejora de las condiciones de temperatura incrementa el ancho de los anillos de crecimiento, posiblemente debido al efecto de la radiación solar y al aumento en la actividad fotosintética (Clark y Clark 1994). En cuanto a la precipitación, el crecimiento aumenta en los meses con mayor precipitación.

Conclusiones

La estructura anatómica macroscópica de *Guatteria hyposericea*, *Jacaranda copaia* y *Pourouma minor* presenta similitudes, incluyendo grano recto, porosidad difusa, anillos de crecimiento a simple vista, demarcación del anillo por zonas más oscuras, sin diferencia entre albura y duramen, y parénquima en bandas delgadas para *Guatteria hyposericea*, aliforme y aliforme confluyente para *Jacaranda copaia* y aliforme confluyente para *Pourouma minor*.

A nivel microscópico *Guatteria hyposericea* y *Pourouma minor* presentan poros medianos, mientras que *Jacaranda copaia* tiene poros grandes. Los radios son heterogéneos tipo II para las dos primeras especies y homogéneos para *Jacaranda copaia*. En cuanto a longitud de fibra y espesor de pared, las tres especies tienen longitud mediana y espesor de pared muy delgado.

El crecimiento de las especies no se relaciona con las variables climáticas anuales de temperatura y precipitación, pero sí con las variables climáticas mensuales.

Agradecimientos

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). A la Universidad Nacional Agraria la Molina UNALM - Facultad de Ciencias Forestales.

Contribución de los autores

LEZG: conceptualización, investigación, preparación de datos y redacción. MCC: conceptualización, redacción y revisión. JLMP: conceptualización, redacción y revisión.

Conflicto de intereses

Los autores no incurrir en conflictos de intereses.

Fuentes de financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación, sector gubernamental ni comercial o sin fines de lucro.

Aspectos éticos / legales

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos ni haber omitido normas legales.

ID ORCID

Linda E. Zegarra-Agüero

<https://orcid.org/0009-0006-1081-6136>

Manuel Chavesta-Custodio

<https://orcid.org/0000-0002-5774-6159>

José Luis Marcelo-Peña

<https://orcid.org/0000-0002-0095-4643>

Referencias

Ancajima, E. 2017. Dendrocronología de *Prosopis* sp. en la región Piura. Tesis Biólogo. Piura, Perú, Universidad Nacional de Piura. 80 p. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/250077400>.

- 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.
- Beltrán, L. 2011. Caracterización anatómica de anillos de crecimiento de especies forestales tropicales maderables con valor comercial para dendrocronología - Selva central. Tesis Ing. Forestal y ambiental. Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. 74 p. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2595>.
- Burneo, MA. 2020. Estudio dendroclimático de *Cedrela nebulosa* T.D. Penn. & Daza en el bosque húmedo del cantón Mera, provincia de Pastaza, Ecuador. Tesis Ing. Forestal. Loja, Ecuador, Universidad Nacional de Loja. 106 p. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23758>.
- 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
- Campos, LE; Tomazello Filho, M; Sergio, C; Del Castillo, D; Yepez, F; Yepez, D; Vega, J; Bardales, J. 2010. Anatomía y densitometría de rayos X en árboles de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (FABACEAE) del Centro de investigaciones Jenaro Herrera, Loreto. 14 p. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL496.pdf>.
- Carlquist, S. 1988. Comparative Wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledonous wood. Springer-Verlag, Berlín, Alemania. Springer-Verlag. 436 p.
- Clark, DA; Clark, DB, 1994. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa-Rican tropical rain-forest. *Journal of Ecology* 82: 865-872.
- Cook, ER; Holmes, RL. 1984. Program ARSTAN user's manual. Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona. Tucson, USA. 15 p.
- Crispin D. 2021. Influencia de la variabilidad climática en el crecimiento de *Polylepis tarapacana* Phill en Chiluyo - Tacna. Tesis Ingeniera Ambiental. Huancayo, Perú, Universidad Continental. 105 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/9750>.
- Dávila, FK. 2019. Reserva de carbono en la biomasa aérea y la necromasa (hojarasca) del bosque húmedo premontano tropical - Concesión para conservación Inchatoshi Kametsha - Pampa hermosa - Satipo - Junín. Tesis Ing. Forestal y Ambiental. Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. 164 p.
- Détienne, P; Jacquet P. 1983. Atlas d'Identification des bois de l'amazone et des regions voisines. Centre Technique Forestier Tropical. Marne. 640 p.
- Fachín, L. 2010. Procesamiento digital de imágenes y modelamiento SIG, informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Satipo, convenio entre el IIAP, DEVIDA y la Municipalidad Provincial de Satipo. Iquitos - Perú. 88 p.
- Fritts, H. 1976. Tree Rings and climate. Laboratory of Tree Ring, research University of Arizona-Tucson. U.S.A. 567 p.
- Holmes, R. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-ring bulletin*. 11 p.
- Huamán, GB. 2019. Evaluación del crecimiento de *Cedrela fissilis* Vell. aplicando técnicas dendrocronológicas en áreas urbanas en el sector la joya de la ciudad de Puerto Maldonado, distrito Tambopata, provincia Tambopata, departamento de Madre de Dios. Tesis Ingeniera Forestal y Medio Ambiente. Madre de Dios, Perú, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. 92 p.
- Humanes, V; Ferrero, M; Muñoz, A; González, Á; Requena, E; Barichovich, J; Inga, J; Layme, E. 2020. Two centuries of hydroclimatic variability reconstructed from tree-ring records over the Amazonian Andes of Peru. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 125:e2020JD03256. DOI: <https://doi.org/10.1029/2020JD032565>.

- IAWA (International Association of Wood Anatomists, NL). 1989. List of Microscopic Features for Hardwood Identification with an appendix on non-anatomical information. Leiden, NL. Bulletin 10(3):219–332.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, BR). 1991. Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I. Angiospermae, II. Gimnospermae. 19 p.
- Inga, J. 2011. Turno biológico de corta en *Juglans neotropica* Diels, a partir del análisis de anillos de crecimiento en selva central del Perú. Tesis Ingeniero Forestal y Medio Ambiente. Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. 88 p. Disponible en <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2599/Inga%20Guillen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- ITTO (The International Tropical Timber Organization). s.a. Carahuasca (*Guatteria hyposericea*) (en línea). Consultado 15 jul. 2018. Disponible en <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/carahuasca-guatteria-hyposericea/>.
- Luna, LA. 2005. Los bosques tropicales ayudan a moderar el clima global. La Revista Forestal Venezolana 49(1): 97-100. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/24412/nota.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- Lluncor, D. 2011. Estudio de la estructura anatómica de diez especies de bosques secundarios y primarios remanente (en línea). Lima, Perú. Consultado 5 feb. 2018. Disponible en: https://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/PD512_08_Estructura_anat%C3%B3mica_de_10_especies_de_bosques_secundarios.pdf.
- 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, Ecuador. 105 p.
- 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):35-47.
- Novak, K. 2017. Características de los anillos de crecimiento de *Pinus halepensis* en el Mediterráneo. Tesis Doctor. Alicante, España, Universidad de Alicante. 152 p. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/69853>.
- Pereyra, M; Inga, G; Santos, M; Rodríguez, R. 2014. Potencialidad de *Cedrela odorata* (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú. *Revista de Biología Tropical* 62(2):783-793. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62n2/a31v62n2.pdf>.
- Portal, I; Fontana, C; Assis, G; Groenendijk, P; Roig, F; Tomazello F, M. 2023. Thirty-four years of dendrochronological studies in Perú: A review of advances and challenges. *Dendrochronologia* 78: 126058. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2023.126058>.
- Paula, J. s.a. Anatomia de madeiras da Amazônia com vistas à polpa e papel. Consultado 13 feb. 2024. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v7n2/1809-4392-aa-7-2-0273.pdf>.
- Reynel, C; Pennington, RT; Särkinen, T. 2013. Cómo se formó la diversidad ecológica del Perú. Lima, Perú. 412 p.
- Rivera, RY; Reynel, C; Giacomotti, J. 2023. Diversidad y composición florística en un área de bosque premontano en Satipo / Junín / Perú. *Revista Forestal del Perú* 38(2): 261-279. DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v38i2.2077>.
- Rodríguez, E. 2010. Clima, informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Satipo, convenio entre el IIP, DEVIDA y la Municipalidad Provincial de Satipo. Iquitos – Perú. 2: 24-26
- Rodríguez, E; Ferrero, ME; Acevedo-Veja, I; Crispin-De la Cruz, DB; Tice-Otarola, G; Requena-Rojas, E. 2022. Plastic adjustments in xylem vessel traits to drought events in three *Cedrela* species from Peruvian Tropical Andean forests. *Scientific Reports* 12:21112. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25645-w>.

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.

Speer, J. 2010. Fundamentals of Tree Ring Research. University of Arizona Press. 507 p.

Stokes, MA; Smiley, TL. 1996. An introduction to tree-ring dating, 2nd ed. Arizona: The University of Arizona Press. 73 p.

Vizarreta, A. 2023. Influencia climática en la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo - Perú. Tesis Ingeniero Ambiental. Huancayo, Perú, Universidad Continental. 102 p. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12793/2/IV_FIN_107_TE_Vizarreta_Alvarez_Calderon_2023.pdf.

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 Ingeniero Forestal, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 97 p.