

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE
DE DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

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



**“Dendrocronología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, en
un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”**

TESIS, PRESENTADA POR:

Bachiller: COLINA NANO,
Héctor Cesar.

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

ASESOR: M.Sc. PORTAL
CAHUANA, Leif Armando.

PUERTO MALDONADO, 2019.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE
DE DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

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



**“Dendrocronología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, en
un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”**

TESIS, PRESENTADA POR:

Bachiller: COLINA NANO,
Héctor Cesar.

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

ASESOR: M.Sc. PORTAL
CAHUANA, Leif Armando.

PUERTO MALDONADO, 2019.

Dedicatoria

La tesis va dedicado a:

A mis padres Hector Colina y Rosa Nano por haberme inculcado buenos valores y brindarme todo su apoyo durante mi vida.

A mi tía Norma Nano por tenerme ese cariño y haberme apoyado durante mis estudios universitarios y sus buenos consejos.

A mi hermana Isabel Colina por brindarme su respaldo y cariño incondicional.

A mi hija Alana Colina por ser mi motor y motivo para seguir surgiendo y vencer todo tipo de adversidades.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

A Dios por ser mi guía en esta vida y darme la protección ante todo obstáculo en la vida.

A mi “Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios”, por ser mi alma mater; y por haberme brindado las facilidades en todos estos años de estudios universitarios.

A mi asesor del proyecto de tesis Ing. Leif Armando Portal por haberme brindado su tiempo y confianza para el desarrollo del proyecto.

A mi amigo Victor Arostegui por el apoyo moral y sus palabras perseverantes y emotivas que siempre me brinda.

A los catedráticos de la UNAMAD que me brindaron muchos conocimientos y las pautas de resolver problemas, por la paciencia que les caracteriza para dar las lecciones día a día.

A mis compañeros de clase por haber compartido su tiempo y conocimientos en una hermosa vida de estudiantes universitarios, y haber realizado y demostrado la gran importancia de realizar trabajos en equipo.

Presentación

A continuación se presenta la tesis intitulada: “Dendrocronología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”. Presentada a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, exigida como uno requisito para la obtención del título profesional de: Ingeniero Forestal y Medio Ambiente.

La investigación muestra los estudios de una especie forestal del Fundo El Bosque de la UNAMAD, de nombre común Limoncillo (*Z. rhoifolium*), especie forestal que en la actualidad se encuentra como una de las especies poco o no aprovechadas en la industria forestal de la región y el país; razón por la cual se investigó esta especie con la finalidad de promover su uso sostenible.

Por otro lado, con la confirmación de los resultados positivos de esta especie en el estudio de la dendrocronología se incrementa la lista de especies forestales de la región de Madre de Dios que presentan potencial para estos estudios.

Finalmente se espera que la presente investigación sirva de motivación y como antecedente para otras investigaciones con objetivos similares a los estudiantes universitarios a fin de que realicen su tesis de grado es este tipo de temas.

Resumen

El objetivo general de la presente investigación fue. Determinar la dendrocronología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios. Para dicho fin fueron utilizados 10 árboles de *Z. rhoifolium*, de ocurrencia natural en el fundo El Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, la recolección fue realizada a través del método no destructivo con el auxilio del barrenado de Pressler o taladro de incremento. Se caracterizaron “los anillos de crecimiento en la sección transversal de la especie, su dendrocronología, el incremento medio anual, la relación de la cronología con el clima, la cronología con el fenómeno El Niño”. Estos estudios fueron realizados en la Planta Piloto de Tecnología de la Madera – UNAMAD, específicamente en el Laboratorio de Anatomía de la Madera. Los resultados de la caracterización anatómica de los anillos de crecimiento de *Z. rhoifolium* sugieren un gran potencial para estudios dendrocronológicos debido a que presentan una buena delimitación. Además, se generó una cronología de 32 años (1985-2017). Por otro lado, la especie estudiada presentó un incremento promedio anual de 0,66 cm/año. Finalmente se pudo comprobar que la especie *Z. rhoifolium*, presentó “respuesta significativa al clima local y posible influencia del fenómeno El Niño” en los años 1986, 1991, 1994, 1997 y 2015.

Palabras claves: Anillos de crecimiento, especie forestal, intercorrelación, El Niño, incremento anual.

Abstract

The general objective of the present investigation was to determine the dendrochronology of the species *Zanthoxylum rhoifolium*, in a high terrace forest in the Madre de Dios region. For this purpose 10 trees of *Z. rhoifolium* were used, of natural occurrence in the El Bosque farm of the Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, the collection was carried out through the non-destructive method with the help of Pressler's drill or drill of increase. The growth rings were characterized in the cross section of the species, its dendrochronology, the annual average increase, the relation of the chronology with the climate, the chronology with the El Niño phenomenon. These studies were carried out in the Wood Technology Pilot Plant - UNAMAD, specifically in the Wood Anatomy Laboratory. The results of the anatomical characterization of the growth rings of the species of *Z. rhoifolium*, showed to have a great potential for studies in dendrochronology because they present a good delimitation. It was possible to build a chronology of 32 years (1985-2017). About the average annual increase of the species, I present an annual average of 0.66 cm/year. Finally it was found that the species *Z. rhoifolium*, presented significant response to the local climate and possible influence of the El Niño phenomenon in the years 1986, 1991, 1994, 1997 and 2015.

Keywords: Growth rings, forest species, intercorrelation, El Niño, annual increment.

Introducción

La familia botánica Rutaceae, es muy poco conocida por presentar especies maderables, se caracteriza más por presentar especies arbustivas de frutales cítricos. La familia Rutaceae se caracteriza por presentar “una variedad de metabolitos secundarios como: alcaloides, cumarinas, flavonoides, lignanos, terpenos, limonoides, crómanos” (Cuca y Taborda 2007). De manera general las maderas de las Rutaceas amazónicas han sido poco estudiadas anatómicamente y poco usadas por el hombre en el mercado maderero, principalmente las especies del género *Zanthoxylum*.

Uno de los géneros que se utilizan para madera es *Zanthoxylum*, árboles maderables, que presenta comúnmente espinas en el tronco y ramas de origen floemático o corchoso, este género que reúne más de 50 especies distribuidos en América del Norte y América del Sur (Arenas et al. 2016). Dentro de este género resalta la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, que cuenta con diversos usos en diferentes partes de América del Sur y América Central, pero en el Perú su uso es prácticamente nulo.

Es por ello que se requiere realizar investigaciones con las especies no tradicionales, poco conocidas tecnológicamente como es la especie *Z. rhoifolium*, y el conocimiento en la marcación de sus anillos, la dendrocronología, el incremento del volumen y la relación con el clima es importante conocerlo.

A partir de ello se plantea como objetivo general de la investigación “Determinar la dendrocronología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”.

Índice

Contenido

Dedicatoria	¡Error! Marcador no definido.
Agradecimientos	¡Error! Marcador no definido.
Presentación	VI
Resumen	VII
Abstract	VIII
Introducción	9
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1 Descripción del problema.....	15
1.2 Formulación del problema.....	16
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo General.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Variables.....	17
1.5 Operacionalización de variables.....	17
1.6 Justificación.....	18
1.7 Consideraciones éticas.....	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de estudio.....	21
2.2 Marco teórico.....	27
2.1.1. Descripciones taxonómicas de las especies a estudiar.....	27
2.1.2. Características anatómicas.....	29
2.1.3. Distribución geográfica de <i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	32
2.1.4. Usos.....	32
2.3 Definición de términos.....	33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	35
3.1 Tipo de estudio.....	35
3.2 Diseño del estudio.....	35
3.3 Población y muestra.....	35
3.3.1 Población.....	35
3.3.2 Muestra.....	35
3.4 Métodos y técnicas.....	37

3.5 Tratamiento de los datos.....	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	43
CONCLUSIONES.....	53
SUGERENCIAS	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	59
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	60

Índice de Gráficos

- Figura 01.** *Zanthoxylum rhoifolium*. **A)** Tronco y raíz; **B)** muestra botánica y fruto, **C)** Tipo de corteza.....25
- Figura 02.** Cortes microscópicos de *Zanthoxylum rhoifolium*, **(A)** Sección Transversal con los detalles de la marcación de los anillos de crecimiento y **(B)** Sección Tangencial.....28
- Figura 03.** Distribución geográfica de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*. (Tropicos.org 2019).....29
- Figura 04.** Mapa de ubicación del área de estudio de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.....34
- Figura 05.** Fase de campo. **A)** Realizando el inventario. **B)** Armando el barreno. **C)** Perforando el árbol. **D)** Extrayendo la muestra de madera.....36
- Figura 06.** Software Image Pro Plus, con muestras de *Z. rhoifolium*, con su respectiva medición.....37
- Figura 07.** **A)** Sujetando la muestra al soporte. **B)** Lijando y puliendo las muestras. **C)** Extrayendo las muestras pulidas. **D)** Escaneando las muestras.....39
- Figura 08.** Imagen macroscópica de los anillos de crecimiento en el leño de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*. **A.** Serie de anillos de crecimiento en la sección transversal. **B.** Anillo de crecimiento verdadero, **C, D.** Anillos de crecimiento falsos diferenciados por una zona fibrosa tenue y discontinua. Fechas blancas indican el límite de los anillos de crecimiento.....41
- Figura 09.** Serie cronológica master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de los diez árboles de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.,

con el número de muestras de la especie.....42

Figura 10. Incremento corriente anual (ICA) de los diez árboles de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.....45

Figura 11. Incremento en diámetro acumulado de los troncos de los diez árboles de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.....46

Figura 12. Sensibilidad climatológica de la cronología de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., con la precipitación media mensual y la temperatura del aire. (*) Denota significancia de 0.05.....47

Figura 13. Relación entre los eventos de El Niño (línea trazada ceniza) y el ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., (línea negra), con detalles de los anillos más cortos (flecha roja) y los de los eventos más severos de El Niño (flecha azul).....48

Índice de tablas

Tabla 01. Indicadores y definiciones.....	15
Tabla 02. Árboles seleccionados de la especie <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam., del fundo “El Bosque”.....	33
Tabla 03. Calidad de la sincronización de las series del ancho de los anillos por árbol de <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.....	42
Tabla 04. Resultados del control de calidad de las medidas del ancho de los anillos de crecimiento ejecutado por el programa COFECHA. Se muestra el número de árboles (series) antes y después del control de calidad, la intercorrelación entre otras informaciones de las dos especies forestales.....	43

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

Los bosques tropicales de especies forestales nativas de América del Sur, es poco aprovechado solo se basa en la extracción de algunas especies selectas, impactando en estas sus poblaciones y no aprovechando el gran potencial que tienen los bosques nativos de América del Sur.

En este sentido, muchas especies forestales nativas en el Perú aun en la actualidad carecen de conocimiento tecnológico, esto por la poca inversión del estado en investigar sus recursos naturales. En la región de Madre de Dios existe una alta biodiversidad de flora que se encuentra carente de estudios, lo que ha conllevado a la deforestación y degradación de los bosques principalmente por la minería ilegal. Una de las tantas especies que no cuenta con información tecnológica es el caso de *Zanthoxylum rhoifolium*, que es una especie que no se aprovecha y se desconoce sus usos, esto puede conllevar a una pérdida de la biodiversidad y del potencial de los recursos naturales, no solo desde el punto de vista maderable sino desde otros puntos de vista como fitoquímica y que en la región de Madre de Dios es abundante.

Estas grandes brechas de desconocimiento de nuestros recursos como de la especie forestal *Z. rhoifolium*, puede ser superadas con la dendrocronología como una herramienta rápida y barata que ayude al conocimiento científico de la especie. ¿Por qué es importante el estudio de la especie *Z. rhoifolium*? Y ¿Por qué estudiar la dendrocronología de la especie *Z. rhoifolium*?, en función a estas dos preguntas podemos mencionar que: permitirá conocer cuál es el crecimiento medio anual de la especie, la edad promedio de los árboles de *Z. rhoifolium*, la anatomía de los anillos de

crecimiento, la relación del crecimiento con el clima local y las relaciones de la cronología de *Z. rhoifolium* con el fenómeno de El Niño. ¿Para que es importante conocer la información antes mencionada?, esta información tecnológica ayudará a un aprovechamiento racional de la especie *Z. rhoifolium*, y así poder promocionarla e incluirla en la lista de especies maderables de la región de Madre de Dios. Por último a la pregunta ¿Cuál es la importancia de los bosques de terraza alta, el clima y el fenómeno de El Niño, para el desarrollo de la especie *Z. rhoifolium*?, se va a conocer como la especie *Z. rhoifolium*, crece en un bosque de terraza alta, también se conocerá cuál es la relación con el clima local de la zona de estudio y finalmente conoceremos si el fenómeno El Niño influye o no en el crecimiento de la especie *Z. rhoifolium*.

1.2 Formulación del problema

¿La especie *Zanthoxylum rhoifolium*, presentará potencial dendrocronológico en un bosque de terraza alta en la región de Madre de Dios?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Determinar la dendrocronología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar los anillos de crecimiento de los árboles de *Z. rhoifolium*.
2. Determinar la dendrocronología de los árboles de *Z. rhoifolium*.
3. Determinar el incremento radial de la especie *Z. rhoifolium*.
4. Determinar la relación clima – crecimiento de *Z. rhoifolium*.
5. Analizar la cronología de *Z. rhoifolium*, y el fenómeno de El Niño.

1.4 Variables

Las variables que se analizarán en el proyecto de investigación serán:

- Variables independientes: Ancho de anillos de crecimiento, número de anillos de crecimiento,.
- Variables dependientes: Incremento medio anual, relaciones de clima cronología y El Niño y edad de los árboles.

1.5 Operacionalización de variables

A continuación se presenta en la Tabla 01, la operacionalización de las variables para la presente investigación.

Tabla 01. *Indicadores y definiciones:*

Variables	Indicadores	Instrumento	Unidad/escala	Fuente
“Número de anillos de crecimiento de <i>Z. rhoifolium</i> .”	“Cuento de las muestras (series) de la corteza – médula”.	“Muestras de maderas, lupa de 10x, estereoscopio”	Número.	IAWA
“Ancho de anillos de crecimiento de <i>Z. rhoifolium</i> .”	“Medición del ancho de los anillos de crecimiento”	“Muestras de maderas, software Image Pro-plus”	Milímetros (mm)	IAWA
“Edad de los árboles de <i>Z. rhoifolium</i> .”	“Determinado en función al número de anillos de crecimiento y el crossdating”.	“Muestras de madera, software COFECHA”	Número	IAWA

“Incremento Medio Anual”	“Medición del ancho de anillos de crecimiento”	“Muestras de maderas y cronología”	“Milímetros (mm)”	
“Relación clima – cronología”	“Comparaciones de los valores climáticos (precipitación y temperatura) con la cronología”	“Obtención de datos climáticos por fuentes secundarias (NOAA) y cronología información primaria”	“Coeficiente de correlación de Pearson”	
“Cronología – El Niño”	“Comparación de los valores de El Niño con la cronología”	“Obtención de reportes históricos de El Niño (NOAA) y la cronología (obtenida de la inv.)”	“Coeficiente de correlación de Pearson”	

1.6 Justificación

1.6.1 Económico

El estudio dendrocronológico de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, busca determinar entre otros aspectos el incremento medio anual, información técnica importante para poder determinar el crecimiento de la especie y con esta información ver si es conveniente para plantaciones forestales o plantaciones agroforestales. Considerando que en la actualidad esta especie no es aprovechada por la población esto hace que no tengan ingresos económicos por la especie *Z. rhoifolium*, lo que se busca es dar a conocer la especie en la región de Madre de Dios y el Perú y así la población pueda aprovecharla en sistemas agroforestales, plantaciones, etc., para tener ingresos económicos.

1.6.2 Social

Se pretende dar información técnica a la población sobre la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, con ello se podrá incrementar la información tecnológica de esta especie y podrá servir a la población en su aprovechamiento sostenible. Esta especie actualmente no beneficia a la sociedad por el desconocimiento de sus posibilidades maderables y farmacológicas, que según la referencia bibliográfica consultada la especie *Z. rhoifolium*, presenta buena madera y además es aprovechada en otros países como árbol medicinal. Por otra parte la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 27308, promueve el aprovechamiento de los recursos forestales no solamente para madera sino también para otros productos del bosque lo que la especie *Z. rhoifolium*, presente este gran potencial que desaprovechado por la sociedad.

1.6.3 Ambiental

Al respecto es necesario investigar nuestra biodiversidad para poder darle valor económica y el conocimiento de estas especies como *Zanthoxylum rhoifolium*, ayudaran en un manejo ambiental sostenible sin depredar los recursos naturales en su conjunto.

1.6.4 Científico

Al respecto de esta justificación científica, podemos manifestar que cuando el ser humano desconoce las bondades de los recursos naturales simplemente lo ve como un recurso más o un recurso sin valor, como es el caso de *Zanthoxylum rhoifolium*, que en la actualidad esta especie niquiera se utiliza en la región de Madre de Dios, y cuando se realiza la información bibliográfica se observa un sinfín de usos tanto farmacológicos como de usos de la madera lo que demuestra que si se desconoce científica y técnicamente

una especie no se usa racionalmente.

1.7 Consideraciones éticas

Como otras investigaciones de grado de la UNAMAD, esta tesis “sigue los lineamientos éticos básicos de objetividad, honestidad, respeto de los derechos de terceros, relaciones de igualdad, así como un análisis crítico para evitar cualquier riesgo y consecuencias perjudiciales”.

Las decisiones realizadas en cada etapa de esta investigación “estuvieron encaminadas a asegurar tanto la calidad de la investigación, como la seguridad y el bienestar de las personas involucradas en la presente investigación de grado, cumpliendo con los reglamentos, normativas y aspectos legales pertinentes, para lograr los objetivos planteados en la tesis”. Así mismo se cumplió con el “Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios” con Resolución de Consejo Universitario N°525-2017-UNAMAD-CU.

Por otro lado, se cumplió con respetar los derechos de autores y a la propiedad intelectual, citando todas las fuentes secundarias utilizadas en la presente investigación evitando las malas acciones de plagio.

Por último, se respetó y enmarcó la tesis respetando la “Ley Forestal N° 29763 y la Ley General del Ambiente N°28611 y norma IAWA”.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Loureiro, Vasconcelos & Albuquerque (1981), estudiaron “Anatomia do lenho de 4 espécies de **Zanthoxylum** Linnaeus (Rutaceae) da Amazônia”, los autores presentaron en esta investigación de las características anatómicas de las maderas de cuatro especies del género *Zanthoxylum* (Rutaceae) y para cada especie fueron presentados informaciones sobre: a) el árbol: descripción botánica, dispersión geográfica, hábitat, fenología y nombres vulgares; b) la madera: características generales, descripción microscópicas, usos comunes. Las especies que estudiaron fueron: *Zanthoxylum compactum* (Huber ex Albuquerque) Waterman, *Z. machadoi* (de Albuquerque) Albuquerque y *Z. rhoifolium* Lammarck. Las muestras “fueron retiradas de la Xiloteca del Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA”, el estudio fue estipulado por la Norma Técnica adoptada por la Asociación de Brasileira de Normas Técnicas. Los resultados de esta investigación concluyeron que hay una cierta semejanza en los elementos que engloban los tejidos celulósicos y lignificados de las especies del género *Zanthoxylum*. Se puede diferenciarlos y caracterizarlos a través de elementos específicos tales como: tipo y cantidad de parénquima disposición, diámetro y frecuencia de los vasos por milímetro cuadrado, forma de las puntuaciones intervasculares y radiovasculares, ancho y altura de los radios en número de células. Con auxilio de la taxonomía, concluyeron que las especies estudiadas, anatómicamente no son tan difíciles de ser separadas a través de la anatomía microscópica del leño.

Cuca & Taborda (2007), investigaron “Metabolitos aislados de *Zanthoxylum rhoifolium*”, las muestras de madera de la especie fue colectado en el departamento de Magdalena en Colombia. Los investigadores

“encontraron una nueva cumarina llamada 3-metoxi -4-(3-metilbut-2-enil)-2H-cromen-2-ona fue aislada de la madera de *Z. rhoifolium*, junto con los compuestos conocidos, dictamnina y N-metilflindersina; sus estructuras fueron elucidadas por RMN, incluyendo técnicas bidimensionales y por comparación con datos reportados en la literatura”.

Taborda & Suarez (2007), reporto en su investigación “Un nuevo alcaloide carbozólico de *Zanthoxylum rhoifolium*, el material vegetal corresponde a la especie *Z. rhoifolium*, madera recolectada en la finca la Victoria de la Sierra Nevada de Santa Marta”, departamento del Magdalena a 940 m.s.n.m. La madera de *Z. rhoifolium* seca y molida (940 g.) fue sometida a “extracción por percolación en etanol”, obteniéndose un total de 19.0 g. De éste, 17 g. se sometieron a CC (Silica gel; C₆H₅CH₃-AcOIP) en diferentes gradientes. Se colectaron 16 fracciones. De las frcciones de 9 a 12 (672.2 mg.) se le sometió a CC repetitivas (Silica gel; C₆H₆-AcOIP (7:3), CCFP (Silica gel; C₆H₆-AcOET (6:4) para obtener así el compuesto 1 (11.4 mg).

Prieto (2012), en su tesis de doctorado “Estudio fitoquímico de *Compsonura capitellata* (Myristicaceae) *Zanthoxylum rigidum* (Rutaceae) y *Ocotea longifolia* (Lauraceae) y evaluación de su posible aplicación como biocontroladores de *Sitophilus* sp.” El estudio comprendió “el aislamiento y caracterización de los metabolitos secundarios presentes en hojas y madera, caracterizando químicamente los aceites esenciales de las 7 especies”. “La caracterización química de los aceites esenciales indica que los monoterpenos son los compuestos más abundantes en los aceites de *Z. rhoifolium*, *Z. monophyllum*, *O. longifolia* y *V. carinata*.”, “mientras los aceites esenciales de *Z. fagara*, *Z. fagara* y *Z. rigidum* están compuestos principalmente por sesquiterpenos”. “Los resultados de la evaluación de actividad antialimentaria de los compuestos aislados indican que la mayoría de las sustancias evaluadas causaron efectos fagodisuasivos bajos” (50% < IDA > 20%) y moderados (70% < IDA > 50%) “sobre *S. zeamais* y *T. castaneum*, siendo este último la especie más susceptible”. “En el screening de toxicidad fumigante de los aceites esenciales”, solo los aceites de *V.*

carinata., *O. longifolia* y *Z. monophyllum* “exhibieron toxicidad fumigante contra las tres plagas de almacén”.

Arenas et al. (2016), estudiaron “La madera de cinco especies de *Zanthoxylum* L. (Rutaceae) con distribución en México”. En este trabajo describieron y compararon “las características anatómicas de la madera de cinco especies de *Zanthoxylum*”. Las especies “comparten los caracteres diagnósticos del género: pared de elementos de vaso > 4 μm , punteaduras alternas con diámetro < 6 μm , excepto por *Z. hidalgense*, fibras libriformes y parénquima marginal en bandas”. Las cinco especies “tienen porosidad semianular que las diferencia de otras especies de *Zanthoxylum* con porosidad anular y en la mayoría porosidad difusa”. Estos autores registraron “por primera vez para el género, drusas en vasos y fibras septadas”. “Los resultados del análisis de componentes principales y el fenograma mostraron que las cinco especies son entidades diferentes con una combinación de caracteres única y que los caracteres de la madera no sustentan las secciones. *Zanthoxylum purpusii* se caracteriza por la presencia de canales verticales traumáticos y las fibras septadas; *Z. arborescens*, *Z. purpusii* y *Z. liebmannianum* se agrupan por el parénquima marginal en bandas y los radios biseriados”. *Zanthoxylum hidalgense* “tiene los vasos más anchos, las fibras más largas y anchas y los radios más altos y anchos”, mientras que *Z. arborescens* y *Z. liebmannianum* “tienen vasos más angostos y fibras más cortas y angostas”. El diámetro de “los vasos y la longitud y diámetro de las fibras parecen estar relacionadas con el tipo de vegetación donde las especies estudiadas se distribuyen”.

Mendivelso et al. (2016), investigaron “Climatic influences on leaf phenology, xylogenesis and radial stem changes at hourly to monthly scales in two tropical dry forests”. Las formas en que la producción de hojas y las tasas de incremento radial respondieron al clima fueron características específicas de la especie y dependientes del tiempo. Por ejemplo, en *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., y *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., la producción de hojas nuevas

respondió a todas las variables climáticas evaluadas en escalas de tiempo inferiores a 10 días, mientras que Cedrela fue sensible a la precipitación en casi todas las escalas de tiempo analizadas. El incremento radial fue de 2.29 ± 0.63 mm/año.

Mendivelso, Camarero & Gutiérrez (2016), en la investigación “Dendrocronología en bosques neotropicales secos: métodos, avances y aplicaciones”. Los bosques neotropicales secos (BTSs) “se caracterizan por una sequía marcada que permite la formación de anillos anuales de crecimiento en diversas especies de árboles”. “La aplicación de la dendrocronología en los BTSs requiere identificar, datar y medir los anillos de crecimiento”. Esto permite tener “una visión retrospectiva del crecimiento de los árboles a una escala temporal acorde con su longevidad”. Para tal fin, “es necesario tener un buen conocimiento de la anatomía de la madera”. Por ejemplo, “la mayoría de las especies de angiospermas utilizadas en estudios dendrocronológicos en BTSs presentan anillos de crecimiento delimitados por una banda de parénquima marginal”. La información que proporcionan los anillos de crecimiento ha permitido: (i) “cuantificar como el crecimiento de las especies de árboles de los BTSs responde a las variables climáticas (principalmente a la precipitación) y determinar cómo está relacionado con patrones atmosféricos a gran escala (El Niño-Oscilación del Sur) (dendroclimatología), y (ii) reconstruir y comprender diversos aspectos fundamentales de la historia de vida de las especies arbóreas de los BTSs (dendroecología), permitiendo conocer la edad y las tasas de crecimiento”. La dendroecología es una herramienta útil “que permitirá a los gestores forestales cuantificar o proyectar ciclos de corta específicos para cada especie arbórea, lo que contribuirá a un manejo sostenible de los BTSs”. Como parte de su investigación menciona que la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, tiene potencial dendrocronológico en bosques neotropicales secos, por ser una especie caducifolia y semi caducifolia, la delimitación de los anillos de crecimiento de la especie es por parénquima marginal, presenta relaciones positivas con el clima.

(Manzano et al. 2016), determinaron “el crecimiento estacional en diámetro de una especie de importancia maderable: *Zanthoxylum kellermanii* P. Wilson”. Se seleccionaron “22 árboles en seis categorías diamétricas y se les instalaron bandas dendrométricas para tomar lecturas bimensuales de su crecimiento”. También se “registraron características relacionadas con la copa de los árboles: calidad (simetría, vigor, densidad del follaje) y posición (incidencia de luz)”. “El crecimiento promedio anual en diámetro fluctuó de 0,86cm a 1,87 cm en las categorías diamétricas, de 0,52 cm a 2,04 cm en las calidades de copa y de 0,73cm a 1,70 cm en las posiciones de copa”. Los análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) “entre categorías diamétricas, así como entre calidades y posiciones de copa”. Herramientas “como la banda dendrométrica apoyada en modelos de regresión fueron de gran utilidad para el registro y proyección del incremento en diámetro de la especie estudiada”.

(Rubio 2016), menciona que “el crecimiento del arbolado en las masas forestales se suele estudiar a partir de muestras radiales tomadas a 1,30 metros de altura del tronco, sin embargo los crecimientos radiales a lo largo del tronco y los crecimientos en altura pueden proporcionar información adicional sobre el desarrollo de los árboles”. En este trabajo “obtuvieron los crecimientos radiales a distintas alturas del tronco y el crecimiento en altura de 10 árboles dominantes de *Pinus pinaster* en una masa situada en Bayubas (Soria)”. Los crecimientos radiales se “han medido a partir de trozas obtenidas a 5 alturas diferentes”. Los crecimientos en altura se “han reconstruido, tras cortar los troncos longitudinalmente, midiendo la distancia entre los nudos que deja la inserción de las ramas en la madera”. Se presentan las relaciones entre “clima y crecimiento radial a distintas alturas y crecimiento en altura, comparando los resultados de los métodos dendrocronológicos tradicionales y de distintos métodos multivariantes”.

Rodríguez et al. (2005). En su investigación “Los eventos de El Niño registrados en las especies de bosques seco de las tierras bajas”. La costa

noroeste de Per u (51S, 801W), “es muy sensible e impactada por el fenómeno climático El Niño Oscilación del Sur (ENSO)”. Aunque principalmente desértico, “esta región cálida y seca contiene un bosque seco ecuatorial”. Nosotros reporte los primeros estudios dendrocronológicos de esta región e identifique varias especies que tienen dendrocronología potencial. Las cronologías de ancho de anillo corto de Palo Santo (*Bursera graveolens*) “muestran una respuesta bien desarrollada al Señal ENSO en los últimos 50 años y buenas correlaciones entre sitios”. Estudios “isotópicos preliminares en Algarrobo (*Prosopis* sp.) también muestran evidencia del evento 1997-98 El Niño”. Los eventos ENSO “tienen un fuerte efecto sobre la variabilidad en el crecimiento de las especies de EE UU, y por lo tanto, en la economía, las comunidades rurales donde la madera se utiliza para vivienda, cocina, muebles, herramientas, forrajes y usos medicinales”. El uso extensivo de la madera en sitios arqueológicos “también ofrece la posibilidad de a menudo se desarrollan registros más largos para algunas de estas especies”.

Poveda & Mesa (1996). El Niño y La Niña “constituyen las fases extremas del fenómeno océano atmosférico conocido como El Niño-Oscilación del Sur, ENSO”. Ambas fases “se encuentran asociadas a las anomalías hidrológicas que ocurren en el trópico sudamericano, entre otras regiones, básicamente en escalas de tiempo que van desde la mensual hasta la interanual”. En general puede decirse que “El Niño produce periodos secos más fuertes y prolongados, en cambio La Niña amplifica las lluvias y los caudales máximos”. Los autores “estimaron los histogramas de frecuencias, la media y la desviación típica de los caudales medios mensuales para los años de El Niño y La Niña, así como para el registro histórico completo”. Para confirmar la “fuerte influencia que ejercen los fenómenos oceanoatmosféricos que ocurren en el océano Pacífico sobre la hidrología de Colombia, se muestra un análisis de correlación con el Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés) y con las temperaturas del mar de la cuenca indopacífica”. Se muestran “algunas ideas acerca de la predictibilidad del ENSO y de la hidrología de Colombia”. El ciclo anual parece jugar un papel mucho mayor “en la dinámica del ENSO, más allá de la pérdida de la capacidad de predicción en la

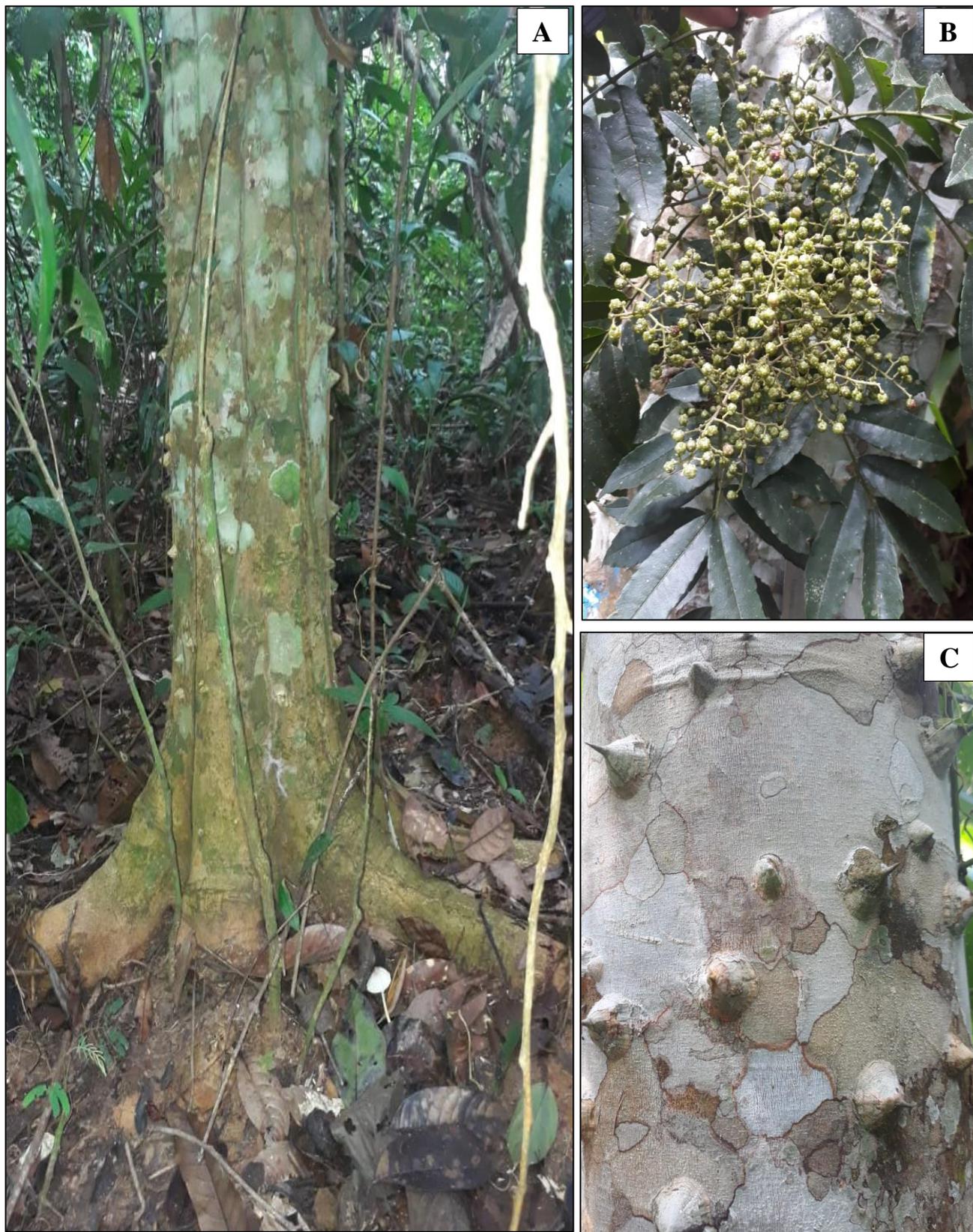
primavera, ya que también, en apariencia, impone una alta capacidad de predicción en los meses del periodo diciembre, febrero”.

2.2 Marco teórico

2.1.1. Descripciones taxonómicas de las especies a estudiar

- División: Angiospermas.
- Clase: Dicotiledóneas.
- Orden: Sapindales.
- Familia: Rutaceae
- Género: *Zanthoxylum*
- Nombre científico: *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.
- Sinónimos Botánicos:

Fagara acutifolia (Engl.) Engl., *Fagara astrigera* R.S. Cowan, *Fagara obscura* (Engl.) Engl., *Zanthoxylum acutifolium* Engl., *Zanthoxylum microcarpum* Griseb.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 01. *Zanthoxylum rhoifolium*. **A)** Tronco y raíz; **B)** muestra botánica y fruto, **C)** Tipo de corteza.

2.1.2 Descripciones dendrológica

El árbol es de 6 – 10 m de altura e 15 – 20 cm de diámetro, tronco cilíndrico, corteza externa con espinas triangulares 5 – 8 mm de longitud, levemente fisurada, marrón claro, corteza interna homogénea, beis blanquecina, con olor a limón. Ramas terminales con sección circular, generalmente con espinas pequeñas, dispersos. Hojas compuestas imparipinnadas (Figura 01), dispuestas en varios planos, de hasta 20 cm de longitud, 7 – 14 pares de folíolos, lámina de 2,3 – 7,5 cm de longitud y 1,2 – 2,3 cm de ancho, asimétricamente oblongas, elíptico o ovalados, ápices usualmente mayores, ápice agudo, base asimétrica, borde dentado, nervadura eucamptódroma, con (-8) 12 – 14 pares de nervaduras secundarias, glabras y con olor a limón. Inflorescencia en panícula terminal, multifloras, (plata dioica). Flores unisexuales, masculinas 1,8-2,5 mm de longitud, cáliz con 5 sépalos (Peña 2017).

2.1.2. Características anatómicas

Según Loureiro, Vasconcelos & Albuquerque (1981), la anatomía de *Zanthoxylum rhoifolium* se describe de la siguiente manera:

Características generales de la madera.

Madera muy leve (0.40 a 0.50 g/cm³); duramen crema oscuro, albura crema brillante; grano irregular; textura media; sabor y olor no pronunciado.

Características microscópicas.

Vasos de sección ovalada a circular, en la mayoría vacíos, distribución difusa, pared de 3-6 µm de diámetro tangencial, mayor predominancia de 80-110 µm (68%); muy numerosos, de 24-56 por mm², predominantemente solitarios (82%), múltiples de 2 (14%), múltiples de 3 (4%), placa de perforación simple, algunas rectas, otras inclinadas; puntuaciones

intervasculares dispuestas alternamente; 3 μm de diámetro; circulares; lenticulares; elementos vasculares cortos a muy largos de 360-780 μm de largo, mayor ocurrencia de cortos a largos con 360-560 μm (64%), algunos con apéndices largos y otros cortos, en lados opuestos y de un solo lado. Radios heterogéneos, irregularmente dispuestos, triseriados predominantes (56%), tetraseriados (34%), bi y uniseriados (10%), de extremadamente bajos de 301-400 μm (52%) (Figura 02), ocasionalmente de 100 y 620 μm ; de 6-28 células de altura, raros de 2,3 y 4 células de altura, en mayoría de 11-20 células (68%); de 3-7 radios por mm, en mayoría de 5-6 radios (52%); se observa presencia de sustancias gelatinosas, no identificada, en el parénquima radial; puntuaciones radiovasculares del mismo tipo de las intervasculares.

Parénquima axial apotraqueal, escaso, difuso y paratraqueal marginal, a veces ininterrumpidas, en finísimas líneas acompañadas a las capas de crecimiento y asociadas a los poros que dan una semejanza a los anillos porosos; seriado, muy escaso. Fibras libriformes, lumen variado de 6-9 μm de ancho; pared de 3 μm de espesor, muy cortos a cortos, de 860-1170 μm de largo, mayor frecuencia de 961-1170 μm (80%). Cristales pequeños, raros en las fibras y en las paredes de los vasos cuando se observa en el corte tangencial. Anillos de crecimiento demarcadas por poros de menor diámetro tangencial, asociados también por las líneas marginales del parénquima y por el espesor de las paredes de las fibras.

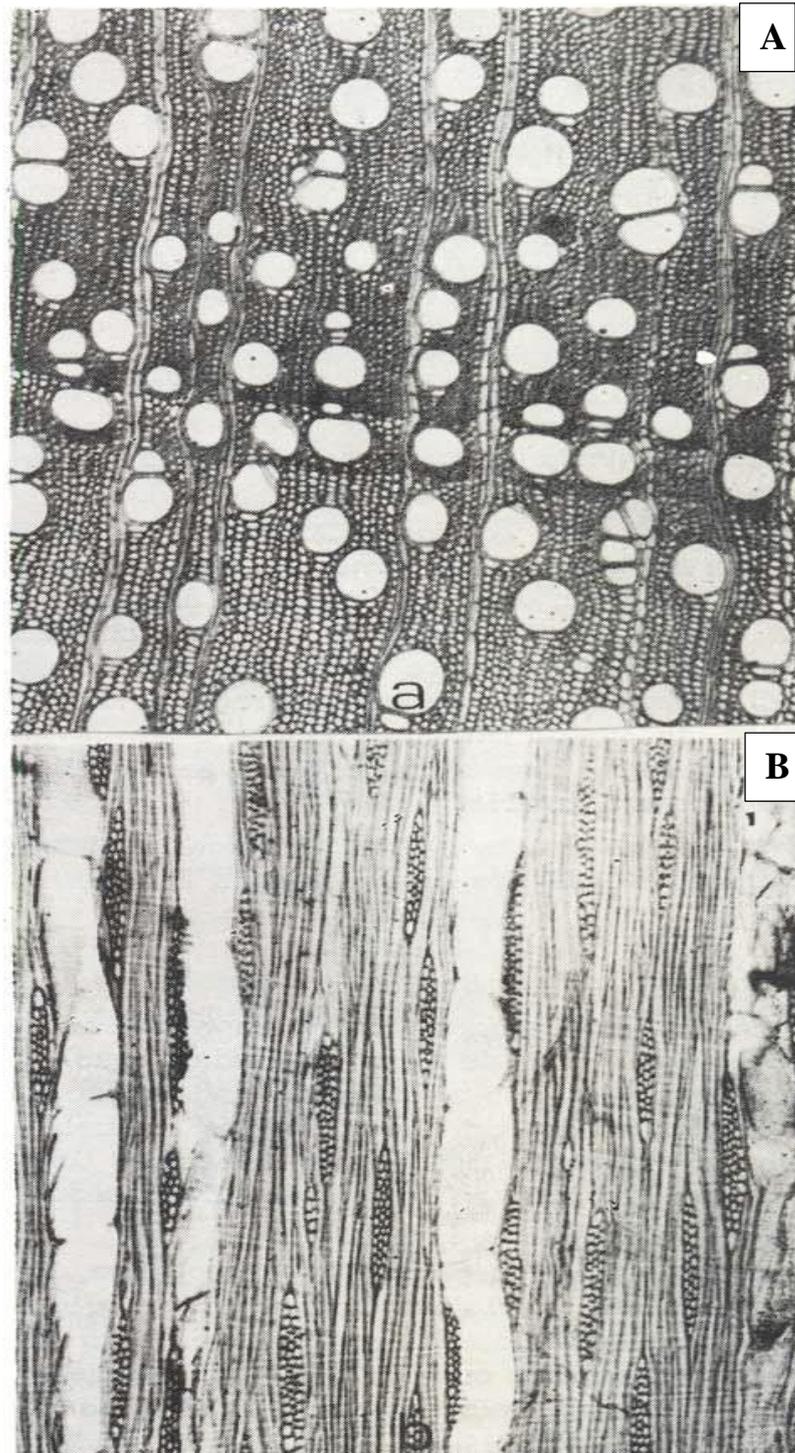


Figura 02. Cortes microscópicos de *Zanthoxylum rhoifolium*, (A) Sección Transversal con los detalles de la marcación de los anillos de crecimiento y (B) Sección Tangencial.

2.1.3. Distribución geográfica de *Zanthoxylum rhoifolium*.

La especie *Z. rhoifolium*, “se distribuye en los países de Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guyana, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Siriname, Uruguay, Venezuela”. Como se puede observar (Figura 03) la especie *Z. rhoifolium*, “tiene una amplia distribución en América del Sur”. En el Perú “se encuentra en las regiones de: Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali” (Tropicos.org 2019).



Figura 03. Distribución geográfica de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*. (Tropicos.org 2019).

2.1.4. Usos

La especie *Zanthoxylum rhoifolium*, proporciona madera de buena calidad, leve, dura, que se torna amarillento al ser cortada, y se va empalideciéndose con el contacto con el aire. Propia para suecos, construcciones civiles, carpintería, ebanistería, carrocería, remos, piezas de instrumentos agrícolas y de herramientas, palos para escobas, ripas, así como sirve para tintorería (Loureiro, Vasconcelos y Albuquerque 1981). La especie *Z. rhoifolium*, “tiene gran importancia para su uso tradicional como tónico, febrífugo, analgésico, antipirético y antimalárico”. Al aceite esencial de hojas, “frutos y flores, al extracto crudo y a algunos de los alcaloides aislados de la corteza se les ha evaluado actividad antibacterial” (Cuca y Taborda 2007).

2.3 Definición de términos

A continuación, se presentan la definición de términos relacionados a la dendrocronología, extraído de (Gutiérrez 2009).

Dendrocronología: El nombre indica “una relación muy estrecha entre los árboles y el tiempo”. La palabra “deriva del griego *dendron* –árbol-, *crono* –tiempo- y *logo* –conocimiento- y denomina una disciplina científica dotada de un conjunto de principios, técnicas y métodos que permiten datar los anillos de crecimiento anuales, extraer, separar e interpretar la información que contienen de los diferentes factores que han influido en su crecimiento”.

El crecimiento de los árboles: “como el de todos los organismos, es un proceso biológico que comporta un aumento del tamaño a lo largo del tiempo”. El crecimiento “se debe a la formación, diferenciación y expansión de nuevas células dando lugar a tejidos y órganos”. El incremento es el aumento de tamaño en un intervalo de tiempo debido al crecimiento. “El crecimiento de los árboles y de las plantas leñosas en general se debe a la actividad de los meristemas primarios y secundarios, unos tejidos formados por células no diferenciadas capaces de dividirse y generar nuevas células”.

Características peculiares de los árboles: los árboles son plantas perennes con una gran cantidad de madera, “son los organismos más grandes y longevos. Algunos ejemplares miden más de 100 m de altura”. A su vez, “se ha comprobado, contando sus anillos, que algunos árboles pueden vivir hasta los 9550 como es el caso del abeto falso en Suecia”. En España, “los árboles vivos más viejos encontrados son individuos de *Pinus nigra* con unos 1000 años (Andalucía) y de *Pinus uncinata* con más de 800 años (Pirineo)”.

La formación de los anillos: el registro anual del tiempo: “el crecimiento de los árboles, como cualquier proceso de crecimiento, no es continuo y se detiene en algún momento debido a la limitación impuesta por algún factor externo y/o interno, formándose los anillos”. En muchas zonas del

planeta con una estacionalidad climática marcada, “los árboles detienen el crecimiento durante la época desfavorable y lo vuelven a iniciar cuando las condiciones climáticas son otra vez favorables”. Este patrón anual de actividad y reposo “queda marcado en la estructura de la madera en forma de capas concéntricas anuales las cuales, en un corte transversal, se ven como anillos”.

Tipos de anillos: anatomía de la madera: “en las coníferas o gimnospermas (pinos, abetos, etc) la madera temprana es más clara y está formada por células (traqueidas) más grandes de paredes celulares finas”. Por el contrario, “la madera tardía es más oscura y está formada por células más pequeñas de paredes celulares más gruesas”. En estas especies la casi totalidad de la madera (95%), está formada por traqueidas, “pero las diferencias de tamaño y coloración entre la madera tardía de un anillo y la temprana del siguiente permiten la identificación y la datación de los anillos”.

El fenómeno de El Niño: “Se manifiesta con la disminución marcada de la precipitación, que en ocasiones puede significar la ausencia de lluvias en varios meses del año incluyendo enero, febrero, marzo, junio, julio y agosto”. La variabilidad del clima “como las condiciones de sequía, inundaciones y eventos atípicos (fenómenos de El Niño) pueden marcarse en los anillos de crecimiento de las especies arbóreas, confiriéndoles características especiales en el leño como disminución o ampliación del ancho del anillo de crecimiento, cambio en el tamaño de los vasos, presencia de canales traumáticos y tílides, entre otras características en la madera” (Briceño, Rangel & Bogino 2016).

El clima: “Es la estadística del tiempo atmosférico, normalmente sobre un intervalo de 30 años”. Se mide “al evaluar los patrones de variación en temperatura, humedad, presión atmosférica, viento, precipitación, cuenta de partícula atmosférica y otras variables meteorológicas en una región dada sobre periodos largos de tiempo”; El clima “difiere del tiempo, en que el tiempo solo describe las condiciones de corto plazo de estas variables en una región dada” (Wikipedia 2019).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de estudio

La presente investigación, “fue de tipo descriptivo en un primer momento (porque se describe la marcación de la estructura anatómica de los anillos de crecimiento de la especie)”, luego explicativo (porque se explica las diferentes relaciones y resultados encontrados) y finalmente correlacional, “puesto que se describió y correlacionó el ancho de los anillos de crecimiento” de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*.

3.2 Diseño del estudio

El tipo de diseño que se utilizó en la tesis de grado fue descriptivo (Latorraca et al. 2015 a; Vasconcellos, Tomazello & Callado 2019).

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Se realizó un inventario en el fundo “El Bosque”, bosque descremado de aproximadamente 428 hectáreas y de los cuales en función a la distribución administrativa del área para investigación de 27 bloques, se seleccionó una hectárea del cual se dividió en parcelas y se seleccionó una parcela donde se realizó el inventario de “todos los árboles mayores a 10 centímetros de diámetro a la altura del pecho DAP”, de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*.

3.3.2 Muestra

Del inventario que se realizó en la parcela seccionada, se seleccionó los árboles de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, para que conformen la

muestra, el número de árboles en función a la (NTP N°251.008 2016a), igual o mayor a 05 árboles. Para la presente investigación la muestra fue de 10 árboles de la especie *Z. rhoifolium* (Tabla 02) (Rosero 2009).

Tabla 02. Árboles seleccionados de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., del fundo “El Bosque”

N°	COD	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	Circunferencia (cm)	Diámetro	Hc (m)	Ht (m)	Coordenadas	
									Este X	Norte Y
01	8	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	50.5	15.6	3.1	7	484891	8622029
02	19	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	61	18.4	3.2	10	484899	8622016
03	24	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	48	15.1	4	6	484890	8621997
04	31	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	70	21.55	4.5	9	484886	8621987
05	32	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	88	31.3	2	7	484885	8621994
06	50	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	71.4	21.85	5.5	12	484905	8621955
07	31	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	41	13	5	9	484879	8621985
08	29	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	38	12	4	9	484882	8621990
09	32	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	53	17	6	12	484886	8621987
10	30	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Limoncillo	Rutaceae	57	18	4.5	8	484885	8621994

3.4 Métodos y técnicas

El presente estudio “se realizó en el fundo El Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios”, ubicado en el sector de Loboyoc aproximadamente a 17.5 kilómetros de la carretera Interoceánica Sur (Puerto Maldonado –Iñapari), “en el distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región de Madre de Dios” (Figura 04). Cuenta con un área aproximadamente de 428 hectáreas distribuidos en 27 bloques. “Según la clasificación bioclimática de (Holdridge 1982), corresponde a un bosque de terrazas altas”, con precipitaciones pluviales anuales superiores a 1000 mm.

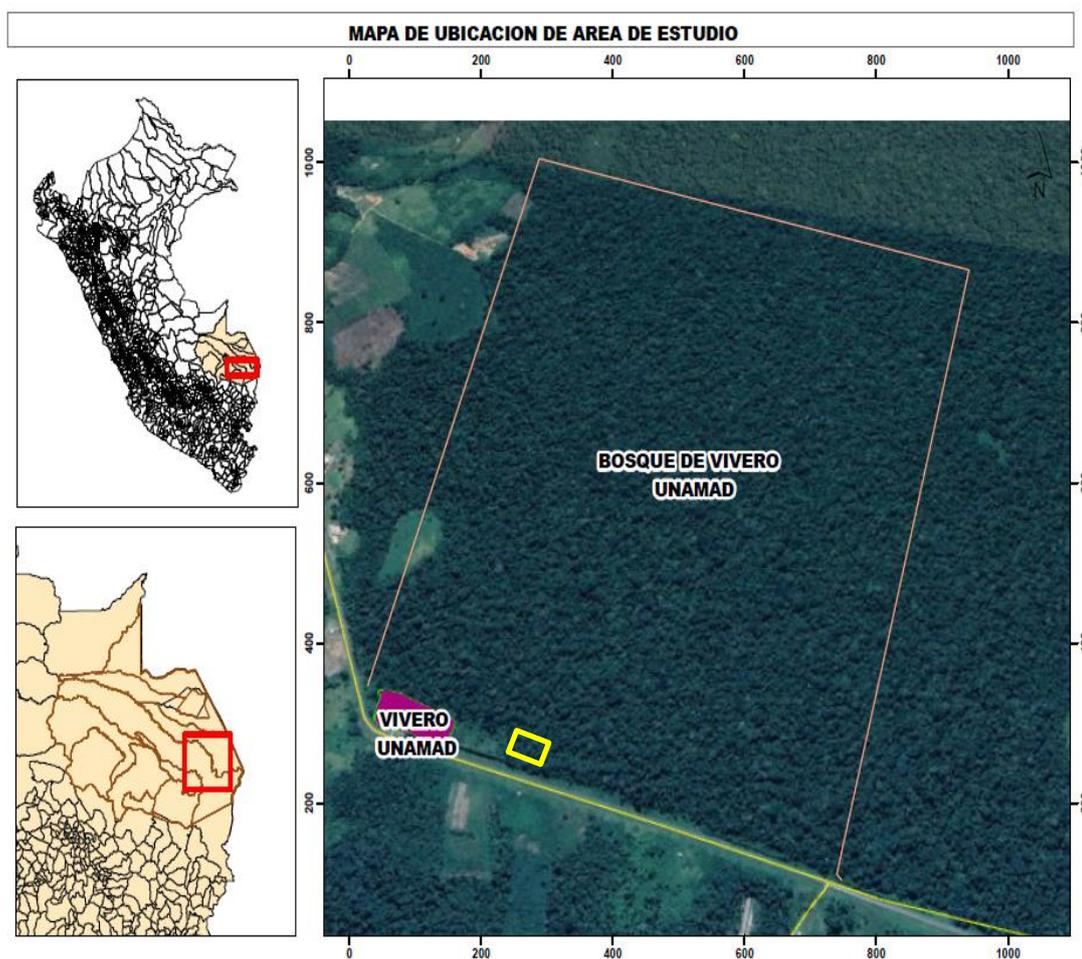


Figura 04. Mapa de ubicación del área de estudio de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

➤ Fase de Campo

Una vez que se realizó el inventario de la parcela de los árboles de *Zanthoxylum rhoifolium*, Se seleccionó los 10 árboles, y se colectaron, teniendo como criterio, que “los arboles seleccionados debieron ser de buenas características fitosanitarias, de fuste lo más recto y alto posible, teniendo en consideración las características morfológicas de la especie” (NTP N°251.008 2016b). De los árboles seleccionados, se obtuvo muestras botánicas, los cuales fueron identificados por un especialista en botánica.

Las muestras “de los diez árboles se colectaron por el método no destructivo con ayuda del Barreno o Sónsa de Pressler, con dimensiones de 5,1 x 400 mm (diámetro x largo)”. Se colectaron cuatro muestras (radios) por árbol, en dirección corteza – médula, distanciadas a 90° y colectadas al nivel del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) (Figura 05), del fuste de los árboles seleccionados (Ortega 2014).

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



Figura 05. Fase de campo. **A)** Realizando el inventario. **B)** Armando el barreno. **C)** Perforando el árbol. **D)** Extrayendo la muestra de madera.

➤ Fase de Laboratorio

Preparación de las muestras de leño para caracterizar los anillos de crecimiento de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*.

Las muestras obtenidas (radios) se secaron al aire libre para posteriormente colarlas en un soporte de madera y fueron lijadas y pulidas con lijas de diferentes granulometrías (60-1200 granos/cm²), con la finalidad de poder visualizar mejor los anillos de crecimiento de la especie *Z. rhoifolium*. Posteriormente se escanearon las muestras a una resolución de 1200 dpi. La caracterización de los anillos de crecimiento se realizó en base a lo estipulado en las Normas internacionales (COPANT 1974; IAWA 1989).

Paso seguido las imágenes digitalizadas de las muestras de leño *Z. rhoifolium* fueron medidas con el Software Image Pro Plus (Figura 06). “Una vez finalizada el proceso de medición del ancho de los anillos de crecimiento de manera manual, se exportaran los valores obtenidos por cada árbol seleccionado hacia hojas de cálculo del programa *Microsoft Office Excel 2007*”, con la finalidad de ordenarlos y analizarlos.

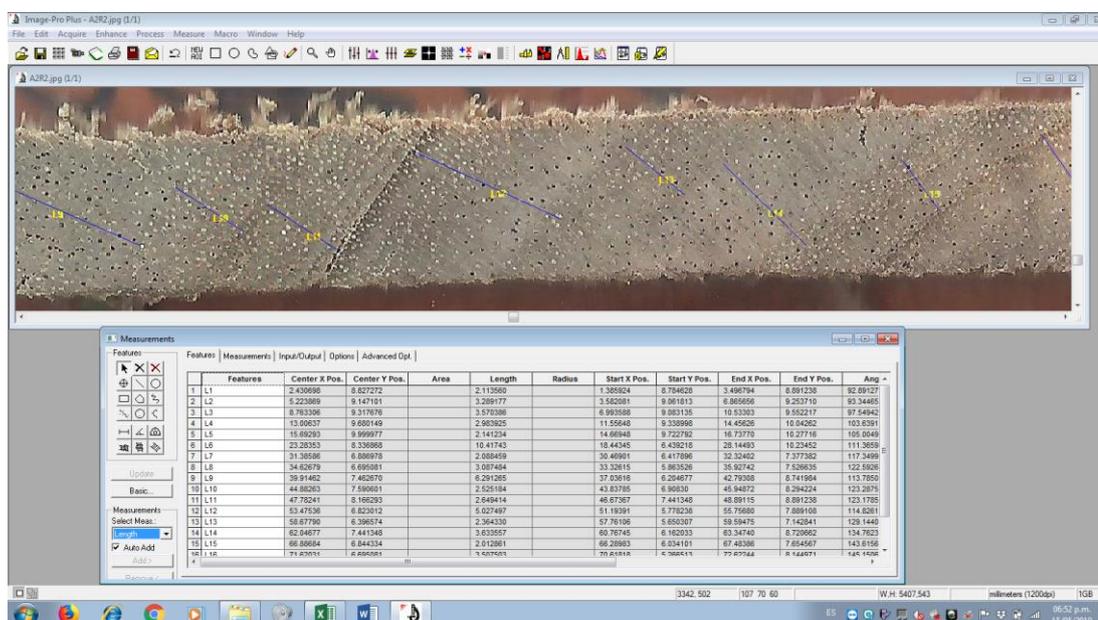


Figura 06. Software Image Pro Plus, con muestras de *Z. rhoifolium*, con su respectiva medición.

Sincronización de los anillos de crecimiento y elaboración de la cronología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*.

Luego de haber realizado mediciones de los anillos de crecimiento de la especie *Z. rhoifolium*, se procedió a realizar “el control y verificación de la sincronización de las series entre y dentro de los árboles” (Fritts 1974) mediante el programa COFECHA (Holmes 1983). “Para la construcción de las cronologías se utilizó el programa ARSTAN” (MRWE Application Framework Copyright © 1997-2004), (Holmes 1983).

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

3.5 Tratamiento de los datos

“Para la medición del ancho de los anillos de crecimiento” de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, se utilizó el programa **Imagen Pro Plus**, que posteriormente estos valores fueron exportados al *Excel* (Portal 2017).

Se utilizó el programa **COFECHA** “para el control de calidad sobre las medidas del ancho de los anillos de crecimiento de la *Zanthoxylum rhoifolium*”, del conjunto de muestras de los árboles, se verificó la sincronización entre las diferentes series de medidas a fecha y la serie maestra (serie promedio de todas las otras series). Se aplicó “estadística básica sobre los datos e indicó posibles anomalías o problemas, como anillos ausentes o valores fuera de rango” (Roig 2000).

Con el programa **ARSTAN** “se produjo las denominadas series maestras o cronologías de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, a partir de las series de medias del ancho de los anillos de crecimiento de los árboles”. El

proceso consistió en remover la tendencia (desestacionalizar) e indexar (estandarizar) las mencionadas series (Costa et al. 2018). “También se utilizó el programa estadístico R” (R Development Core Team 2013).



Figura 07. A) Sujetando la muestra al soporte. **B)** Lijando y puliendo las muestras. **C)** Extrayendo las muestras pulidas. **D)** Escaneando las muestras.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO

Caracterización de los Anillos de Crecimiento de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

La especie *Zanthoxylum rhoifolium*, “está caracterizado anatómicamente en su sección transversal, por evidenciar anillos de crecimiento distintos a simple vista”. El límite de las capas de crecimiento “está caracterizado por la variación de la densidad que se da por la presencia de zonas fibrosas, con el achatamiento radial de las fibras y mayor espesamiento de sus paredes, y una menor frecuencia de vasos, presentando por esto una coloración oscura”, asociado en algunos casos con el parénquima marginal (Figura 08). En función “a los anillos de crecimiento falsos de la especie *Z. rhoifolium*”, se caracterizó por presentar zonas fibrosas más tenues y discontinuas. (Figura 08).

Se observó que “los anillos de crecimiento de los diez árboles de *Z. rhoifolium*, presentaron variaciones en el ancho de los anillos de crecimiento”, caracterizados por secuencias de capas anchas y estrechas, dentro de un mismo árbol, esto refleja que la especie tiene “un factor limitante en su proceso de crecimiento”. Por lo tanto *Z. rhoifolium*, “es sensible a las condiciones de crecimiento, así como climáticos” y esto es importante en la dendrocronología (Tomazello, Botosso y Lisi 2000; Latorraca et al. 2015a; Vasconcellos, Tomazello y Callado 2019).

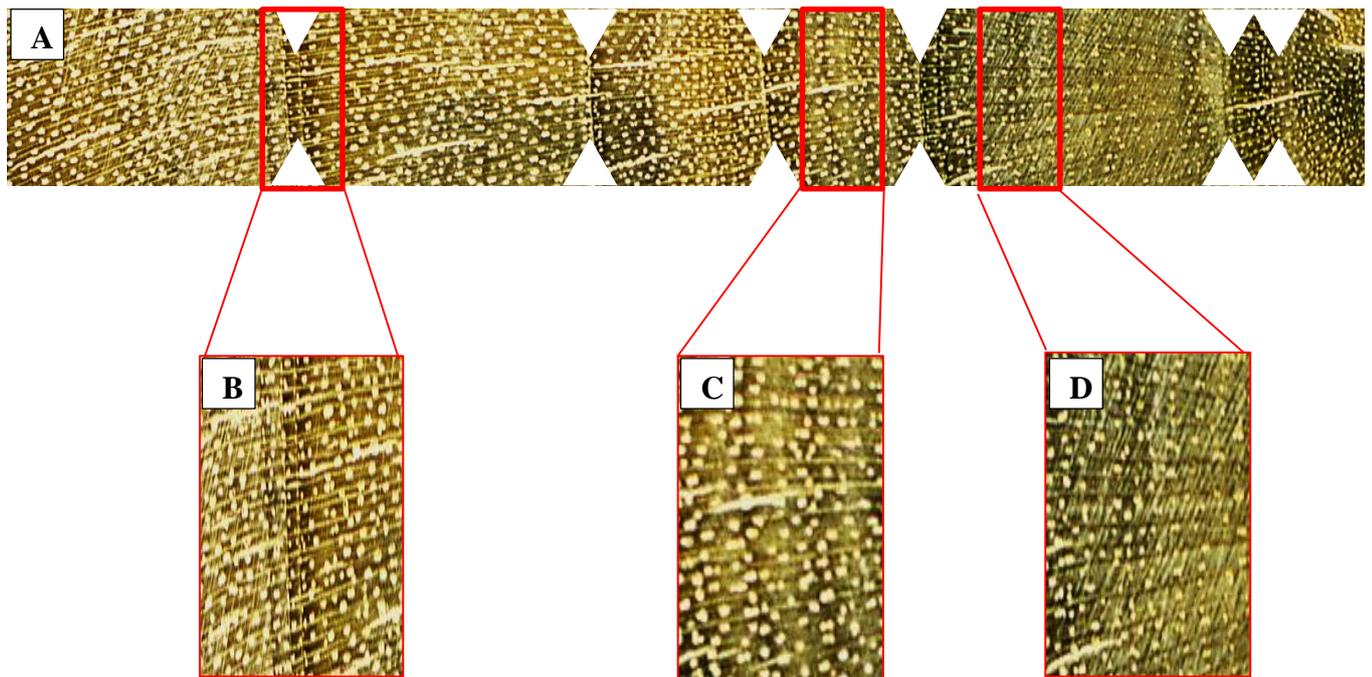


Figura 08. Imagen “macroscópica de los anillos de crecimiento en el leño” de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*. **A.** Serie de anillos de crecimiento en la sección transversal. **B.** Anillo de crecimiento verdadero, **C, D.** Anillos de crecimiento falsos diferenciados por una zona fibrosa tenue y discontinua. “Fechas blancas indican el límite de los anillos de crecimiento”.

Sobre “los anillos falsos que presenta la especie forestal” *Zanthoxylum rhoifolium*, es normal que presente debido a que el clima de los bosques tropicales es cambiante y esto hace que el cambium pueda generar anillos falsos en el leño de las especies, pero que práctica se puede detectar con facilidad como otras investigaciones realizadas en la Amazonía que hablan de estos anillos falsos como por ejemplo en la especie *Swietenia macrophylla*, estudiada por (Rosero 2009) que encontró anillos falsos de tejido parenquimatoso discontinuos y poco marcados. Otro estudio de *Tectona grandis* en Brasil describió la presencia de anillos falsos en la albura y el duramen de esta especie y señala que existe mayor ocurrencia de anillos falsos en la región de la albura (Oliveira 2011). En otro estudio en Brasil se estudió a la especie *Schizolobium parahyba*, donde los autores señalan que la ocurrencia de anillos falsos se generan por la respuesta a condiciones ambientales con la formación de falsos anillos puede estar asociado al hecho

que la especie es sensible a probables señales de eventos climáticos fuera de la época, además los autores señalan que para considerar una especie sensible a las variaciones ambientales, ellas deben poseer valor iguales o superiores a 0,40 (Latorraca et al. 2015a) y en el caso de *Zanthoxylum rhoifolium*, la sensibilidad fue de 0,516 (Tabla 02).

DENDROCRONOLOGÍA DE *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

Por medio del “análisis e interpretación de los datos del ancho de los anillos de crecimiento de los diez árboles” de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., realizado por el software COFECHA, fue posible sincronizar “las series cronológicas de los diez árboles”. El resultado de la intercorrelación para cada individuo mostro valores por encima de 0,32 que establece el software COFECHA (Tabla 03), lo que permitió un “buen ajuste entre las series de los anillos de crecimiento de los árboles individuales”.

Tabla 03. Calidad de la sincronización de las series del ancho de los anillos por árbol de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

Z. rhoifolium	N° Series	Extensión de la Cronología	Intercorrelación	Sensibilidad
Árbol 01	3	1985 - 2017	0.177	0,524
Árbol 02	4	1989 - 2017	0.514	0,514
Árbol 03	4	1989 - 2016	0.383	0,585
Árbol 04	2	1989 - 2013	0.444	0,380
Árbol 05	3	1990 - 2011	0.571	0,595
Árbol 06	2	1985 - 2017	0.315	0,599
Árbol 07	4	1985 - 2012	0.508	0,471
Árbol 08	3	1989 - 2017	0.453	0,525
Árbol 09	2	1986 - 2017	0.461	0,449
Árbol 10	2	1992 - 2017	0.425	0,515
Promedio			0.425	0,516

En función a la Tabla 04, se puede observar que el promedio de intercorrelación de los diez árboles de *Zanthoxylum rhoifolium*, fue de 0,425, por encima de lo exigido por el software COFECHA, y que la sensibilidad fue de 0,516.

Tabla 04. Resultados del control de calidad de las medidas del ancho de los anillos de crecimiento ejecutado por el programa COFECHA. Se muestra el número de árboles (series) antes y después del control de calidad, la intercorrelación entre otras informaciones de las dos especies forestales.

Especie	N° de árboles (series)		Promedio de intercorrelación	Promedio de sensibilidad	Cronología (intervalo)	Edad máxima
	Antes	Después				
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	10(40)	10(29)	0,425	0,516	1985-2017	32

Sobre la Tabla 04, del control de calidad se puede observar que antes de dicho control se tenían diez árboles con 40 muestras de madera y después del control de calidad las muestras disminuyeron hasta 29 garantizando así la calidad de los datos. Además en dicha tabla se comprueba que la edad máxima de los diez árboles estudiados de *Z. rhoifolium*, fue de 32 años y la edad vario de 23 a 32 años.

Como se mencionó anteriormente la cronología producida presentó una intercorrelación de Pearson de 0,425, siendo este valor significativo. En cuanto a la sensibilidad promedio para la especie *Z. rhoifolium*, fue de 0.516. Después de la sincronización realizada por el programa COFECHA, se utilizó el software ARSTAN a los datos obtenidos y se construyó la cronología master de los anillos de crecimiento para el conjunto de los árboles de *Z. rhoifolium*, además del número de muestras (series) utilizadas para la cronología. La serie master fue de 1985 al 2017 con 32 años (Figura 09).

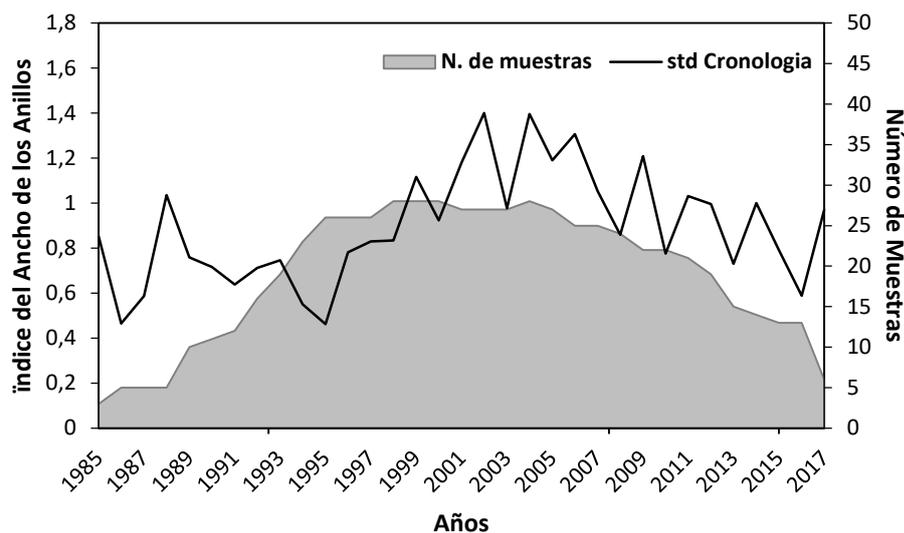


Figura 09. Serie “cronológica master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de los diez árboles” de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., con el número de muestras de la especie.

(Mendivelso, Camarero y Gutiérrez 2016), en el estudio “Dendrocronología en bosques neotropicales secos: métodos, avances y aplicaciones”, señalan que la especie *Z. rhoifolium*, se encuentran entre las 25 especies con potencial dendrocronológico en los bosques neotropicales secos por ser una especie caducifolia y semi caducifolia además de la buena marcación de sus anillos de crecimiento y que en esta investigación se confirma que es una especie potencial para estudios no solo en los bosques secos sino también “en los bosques de terraza alta de la región de Madre de Dios” por presentar una intercorrelación superior a 0,32 establecido por el software COFECHA.

INCREMENTO RADIAL DE *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

Los árboles de *Zanthoxylum rhoifolium*, mostraron “una variación entre el ancho de sus anillos de crecimiento de los 10 árboles estudiados”, siendo el árbol más joven de veinte tres y el más viejo con treinta y dos anillos de crecimientos anuales (años) Figura 10.

La variación del “diámetro a la altura del pecho DAP, de los diez árboles” de *Z. rhoifolium*, fue de 15.1 a 31.3 cm, con una circunferencia de 48 a 88 cm. Dichos árboles de *Z. rhoifolium*, presentaron el mismo patrón de crecimiento, siendo estos de diferentes edades (23 a 32 años) (Figura 11). El crecimiento en diámetros encontrados de los diez árboles promedio, mínimo, y máximo fue de 0,66, 0,32 y 1,33 cm/año respectivamente. Sobre la trayectoria de crecimiento de los diez árboles de *Z. rhoifolium*, se pudo observar que las tendencias son similares entre los árboles, donde en los primeros cuatro años presentan un crecimiento similar y después cada árbol se va diferenciando por su propio crecimiento, manteniendo la media de crecimiento.

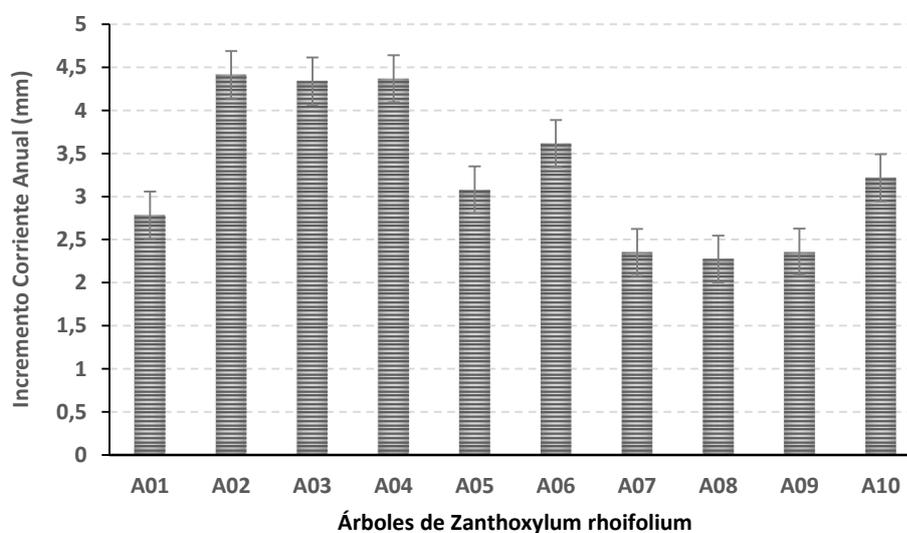


Figura 10. Incremento corriente anual (ICA) de los diez árboles de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

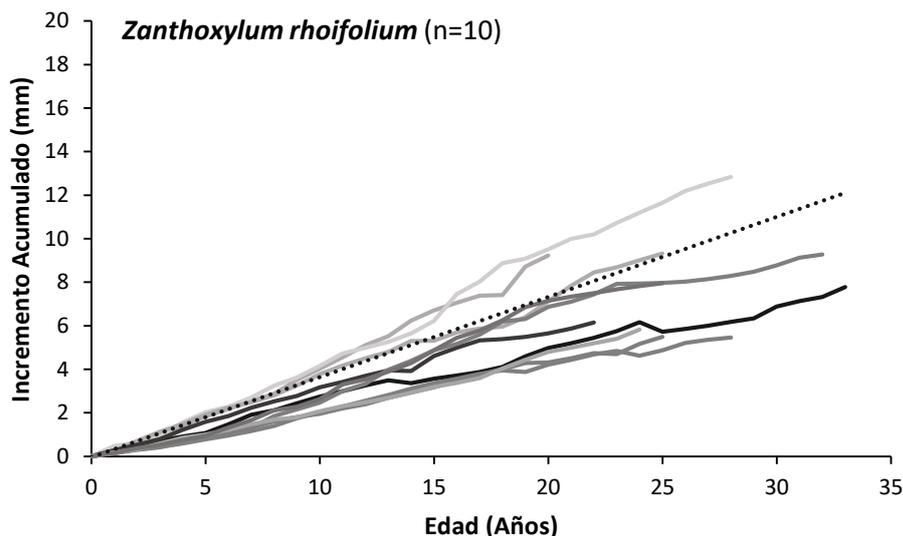


Figura 11. Incremento en diámetro acumulado de los troncos de los diez árboles de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

Manzano et al. (2016) “en el estudio crecimiento en diámetro de *Zanthoxylum kellermanii* P. Wilson en una selva perennifolia del norte de Oaxaca, México”, estudiaron dicho crecimiento en veintidós árboles de esta especie mediante bandas dendrométricas y obteniendo “como resultado el crecimiento promedio anual en diámetro que fluctúa” de 0,86 a 1,87 cm., dicho resultado comparado con *Z. rhoifolium*, que “el crecimiento promedio anual en diámetro” fluctúa de 0,32 a 1,33 cm, se puede observar que en este caso la especie de *Z. kellermanii*, presenta un mejor crecimiento en diámetro promedio anual, que es normal a ser diferentes especies y en ámbitos geográficos distantes.

RELACIÓN CLIMA – CRECIMIENTO DE *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

“El crecimiento en diámetro de los diez árboles” de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, estuvieron influenciados por el clima local de la zona de estudios, principalmente la influencia de las variaciones de la temperatura y precipitación (Figura 12). Los árboles de *Z. rhoifolium*, presento correlaciones positivas y significativas entre la cronología y la temperatura, en los meses de noviembre ($r=0,36$; $p<0,05$) del año previo y en el mes de

noviembre ($r=0,38$; $p<0,05$) del año corriente. Por otra parte “existió correlación negativa y significativa entre la cronología y la precipitación, en los meses de setiembre” ($r=-0,60$; $p<0,05$) del año previo, agosto ($r=-0,39$; $p<0,05$) y setiembre ($r=-0,37$; $p<0,05$) del año corriente.

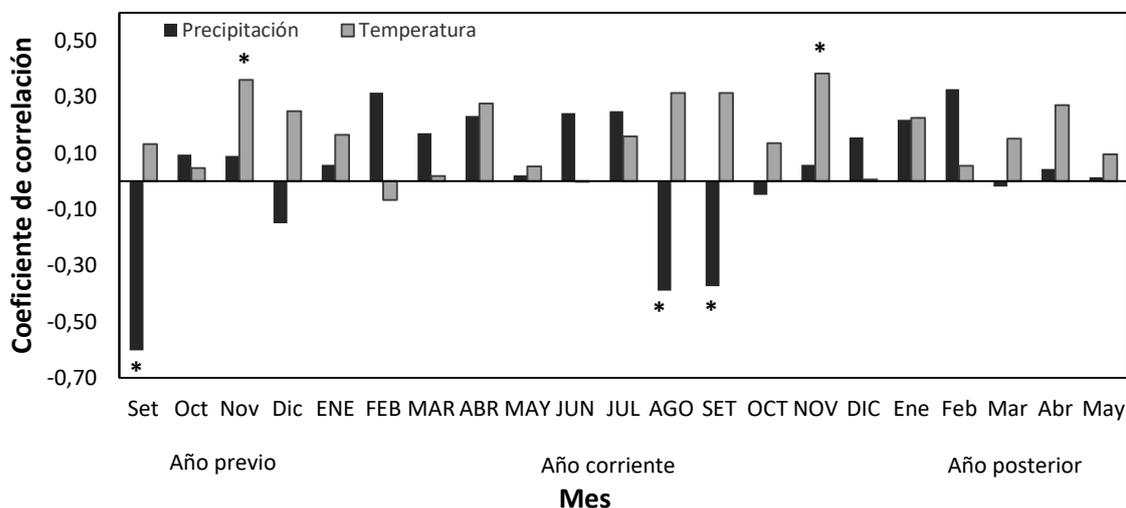


Figura 12. Sensibilidad climatológica de la cronología de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., con “la precipitación media mensual y la temperatura del aire”. (*) Denota significancia de 0.05.

Otros estudios realizados en América del Sur en temas de dendrocronología mostraron también que “la precipitación es un factor limitante en el crecimiento de las especies forestales nativas” (Latorraca et al. 2015b; Oliveira 2011; Venegas 2013; Zuñiga 2012).

Rubio (2016), en su tesis de maestría realizado en España con *Pinus pinaster*, concluyeron que “en el desarrollo diametral influyen las precipitaciones anteriores al inicio del crecimiento y las que se dan durante el mismo hasta el mes de julio, y las temperaturas del mismo periodo más septiembre (mes en el que se puede retomar el crecimiento de la madera tardía)”; este aspecto de que el clima del anterior, el clima año corriente y el clima año posterior influyen directamente en el crecimiento de la especie *Z. rhoifolium*, es lo que se puede observar (Figura 12) y que la especie en

estudio no se comporta igual cada periodo anual de crecimiento, puesto que está influenciado por el clima.

CRONOLOGÍA DE *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. Y EL FENÓMENO DE EL NIÑO

En la Figura 13, se observa la cronología obtenida de los diez árboles de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, donde es posible observar una secuencia de episodios en la disminución considerable en “el ancho de los anillos de crecimiento en los diez árboles” de la especie *Z. rhoifolium*, marcadamente en los años: 1986, 1991, 1994, 1997 y 2015. Esta reducción “es reflejada en una baja tasa de crecimiento en esta población y puede estar relacionada a los eventos más severos de El Niño”. El ancho de los anillos de crecimiento de *Z. rhoifolium*, fue correlacionado negativamente ($r=-0,065$) con el “Índice de El Niño Oceánico (ONI), del trimestre” (noviembre, diciembre y enero).

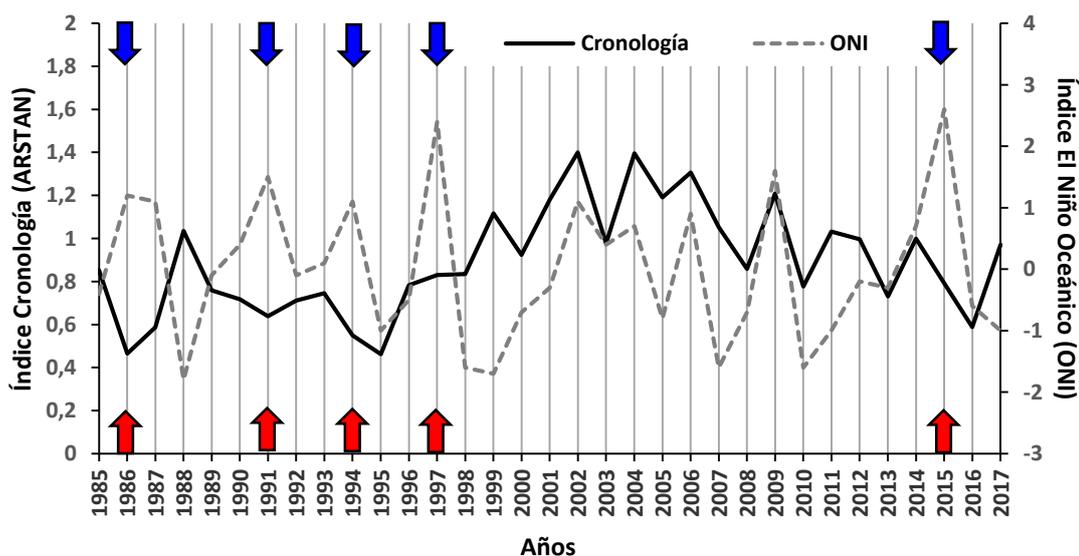


Figura 13. Relación entre “los eventos de El Niño (línea trazada ceniza) y el ancho de los anillos de crecimiento” de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., (línea negra), “con detalles de los anillos más cortos (flecha roja) y los de los eventos más severos de El Niño (flecha azul)”.

(Rodríguez et al. 2005), en un estudio realizado en la costa del Perú, donde estudiaron la especie *Bursera graveolens*, encontraron que esta especie muestra una respuesta bien desarrollada al fenómeno El Niño, en “los últimos 50 años y una buena correlación entre sitios”. Esto afirma que es posible que los árboles de la Amazonía Peruana puedan registrar estos fenómenos más severos de El Niño, y que la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., podría ser adecuada para estudios más complejos y completos de dendroclimatología y así poder validar la información obtenida.

Por último (Portal 2017), al estudiar la dendrocronología de las especie *Amburana cearensis* y *Hymenaea oblongifolia*, “en la región de Madre de Dios y relacionarlas con el fenómeno de El Niño”, encontró que en los años 1991 y 1997, las dos especies presentaron reducido crecimiento debido a que en esos años los eventos severos de El Niño fueron significativos repercutiendo en las especies estudiadas; en el presente estudio con la especie *Z. rhoifolium*, se puede observar también que en dichos años existió un crecimiento reducido en diámetro de la especie, reforzando en consecuencia que “los bosques tropicales de la región de Madre de Dios” están siendo afectados por el fenómeno de El Niño en sus años más severos.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el estudio de *Zanthoxylum rhoifolium*, se puede concluir que:

Los anillos de crecimiento de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., fue caracterizado por presentar zona fibrosa y parénquima marginal.

La dendrocronología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., presento 32 años con una cronología de 1985 a 2017.

El incremento radial promedio mínimo y máximo de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., fue de 0.66, 0.32 y 1.33 cm/año respectivamente.

Existe relación entre clima local con el crecimiento de la especie *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., y además es posible que el leño de la especie puede registrar los eventos más severos del fenómeno El Niño.

Se afirma que la especie forestal *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., “presenta potencial para estudios dendrocronológicos en los bosques de terraza alta en la región de Madre de Dios”, debido a la marcación y a la intercorrelación del ancho de sus anillos de crecimiento.

SUGERENCIAS

De la investigación realizada en *Zanthoxylum rhoifolium*, se puede sugerir que:

Se trabaje algunos árboles con muestras en rodajas o disco, esto con la finalidad de poder visualizar los anillos de crecimiento en toda la sección transversal y al mismo tiempo mejorar la intercorrelación del ancho de los anillos de crecimiento.

Se sugiere también trabajar el mismo estudio en otros tipos de bosque de la región de Madre de Dios para verificar cómo se comporta la especie.

Al trabajar árboles con diámetros mayores a 10 cm., se observó que tienden a torcerse con facilidad y esto dificulta el proceso de lijado y pulido por lo que se sugiere una vez extraído las muestras colocarlas en soportes de madera y asegurarlas fuertemente con pabito grueso, esto disminuirá los problemas de torceduras.

Por último se sugiere seguir trabajando con especies tropicales poco utilizadas en el Perú, esto con la finalidad de incrementar el conocimiento científico de estas especies poco aprovechadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARENAS, F., ANDRÉS, A.R., TERRAZAS, T. y CASTAÑEDA, C., 2016. La madera de cinco especies de *Zanthoxylum* L. (rutaceae) con distribución en México. *Madera y Bosques*, vol. 18, no. 1, pp. 43. ISSN 2448-7597, 1405-0471. DOI 10.21829/myb.2012.1811137.
- BRICEÑO, A., RANGEL, J. y BOGINO, S., 2016. ESTUDIO DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO DE *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) EN COLOMBIA. *Colombia Forestal* [en línea], vol. 19, no. 2. [Consulta: 12 marzo 2018]. ISSN 0120-0739, 2256-201X. DOI 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.2.a07. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/9150>.
- COPANT, 1974. Maderas: Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de las maderas angiospermas y dicotiledóneas: anteproyecto de Norma. . Caracas-Venezuela: COPANT 30: 1 – 019.
- COSTA, D., PEREIRA, M.G., LATORRACA, J.F., CAMARGO, J., BATISTA, L.D. y DO CARMO, J., 2018. DENDROCHRONOLOGY AND GROWTH OF *Copaifera langsdorffii* WOOD. , vol. 48, no. 1, pp. 9.
- CUCA, L.E. y TABORDA, M.E., 2007. Metabolitos aislados de *Zanthoxylum rhoifolium*. *REVISTA COLOMBIANA DE QUÍMICA*, vol. 36, no. 1, pp. 5-11.
- FRITTS, H.C., 1974. Relationships of Ring Widths in Arid-Site Conifers to Variations in Monthly Temperature and Precipitation. *Ecological Monographs*, vol. 44, no. 4, pp. 411-440. ISSN 00129615. DOI 10.2307/1942448.
- GUTIÉRREZ, M., 2009. *La dendrocronología: métodos y aplicaciones*. España: s.n. ISBN 978-84-393-8082-5.
- HOLDRIDGE, L., 1982. *Ecología basada en zonas de vida. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa)*. Primera edición. San José - Costa Rica: s.n.
- HOLMES, R., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-ring bulletin*, pp. 11.
- IAWA, 1989. with an Appendix on non-anatomical information. , pp. 116.
- KALNAY, E., KANAMITSU, M., KISTLER, R., COLLINS, W., DEAVEN, D., GANDIN, L., IREDELL, M., SAHA, S., WHITE, G., WOOLLEN, J., ZHU, Y., LEETMAA, A., REYNOLDS, R., CHELLIAH, M., EBISUZAKI, W., HIGGINS, W., JANOWIAK, J., MO, K.C., ROPELEWSKI, C.,

- WANG, J., JENNE, R. y JOSEPH, D., 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 77, no. 3, pp. 437-471. ISSN 0003-0007, 1520-0477. DOI 10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2.
- LATORRACA, J.V. de F., SOUZA, M.T. de, SILVA, L.D.S.A.B. da y RAMOS, L.M.A., 2015a. DENDROCRONOLOGIA DE ÁRVORES DE *Schizolobium parahyba*(Vell.) S. F. Blake DE OCORRÊNCIA NA REBIO DE TINGUÁ-RJ. *Revista Árvore*, vol. 39, no. 2, pp. 385-394. ISSN 0100-6762. DOI 10.1590/0100-67622015000200018.
- LATORRACA, J.V. de F., SOUZA, M.T. de, SILVA, L.D.S.A.B. da y RAMOS, L.M.A., 2015b. DENDROCRONOLOGIA DE ÁRVORES DE *Schizolobium parahyba*(Vell.) S. F. Blake DE OCORRÊNCIA NA REBIO DE TINGUÁ-RJ. *Revista Árvore*, vol. 39, no. 2, pp. 385-394. ISSN 0100-6762. DOI 10.1590/0100-67622015000200018.
- LOUREIRO, A., VASCONCELOS, F. y ALBURQUERQUE, B., 1981. Anatomia do lenho de 4 especies de *Zanthoxylum* Linnaeus (Rutaceae) da Amazônia. *Acta Amazonica*, vol. 11, no. 4, pp. 809-820.
- MANZANO, F., VALDEZ, J.I., LÓPEZ, M.A. y VAQUERA, H., 2016. Crecimiento en diámetro de *Zanthoxylum kellermanii* P. Wilson en una selva perennifolia del norte de Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, vol. 16, no. 2, pp. 19. ISSN 2448-7597, 1405-0471. DOI 10.21829/myb.2010.1621170.
- MENDIVELSO, H.A., CAMARERO, J.J. y GUTIÉRREZ, E., 2016. Dendrochronology in Neotropical dry forests: methods, advances and applications. *Ecosistemas*, vol. 25, no. 2, pp. 66-75. ISSN 16972473. DOI 10.7818/ECOS.2016.25-2.08.
- MENDIVELSO, H.A., CAMARERO, J.J., GUTIÉRREZ, E. y CASTAÑO, A., 2016. Climatic influences on leaf phenology, xylogenesis and radial stem changes at hourly to monthly scales in two tropical dry forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 216, pp. 20-36. ISSN 01681923. DOI 10.1016/j.agrformet.2015.09.014.
- NTP N°251.008, 2016a. *Maderas. Selección y Colección de Muestras*. 2016. S.l.: s.n.
- NTP N°251.008, 2016b. *Maderas. Selección y Colección de Muestras*. 2016. S.l.: s.n.
- OLIVEIRA, B., 2011. *Dendrocronologia e análise da variação radial da densidade do lenho de árvores de *Tectona grandis* L.f., do município de Cáceres, MT* [en línea]. Seropédica RJ - Brasil.: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponible en: <http://r1.ufrjr.br/wp/ppgcaf/wp->

content/uploads/Versao%20final_dissertacaoBrunaOliveira[1].pdf.

ORTEGA, D., 2014. *Evaluación de la influencia del raleo en el crecimiento de Pinus patula Schl. et Cham. aplicando técnicas dendrocronológicas en plantaciones de Cajamarca - Perú*. Cajamarca-Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.

PEÑA, J., 2017. *Diversidade florística, dendrológica e dendroecologia em florestas estacionais decíduas do Centro e Norte do Peru*. Piracicaba - Brasil: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

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

POVEDA, G. y MESA, Ó., 1996. Las fases extremas del fenómeno ENSO (El Niño y La Niña) y su influencia sobre la hidrología de Colombia. *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XI, no. 1, pp. 21-37.

PRIETO, J.A., 2012. *Estudio fitoquímico de Compsonera capitellata (Myristicaceae), Zanthoxylum rigidum (Rutaceae) y Ocotea longifolia (Lauraceae) y evaluación de su posible aplicación como biocontroladores de Sitophilus sp.* [en línea]. Bogotá - Colombia: Universidad Nacional de Colombia. [Consulta: 18 marzo 2019]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/11391/1/198020-2012.pdf>.

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

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

ROIG, F.A., 2000. *Dendrocronología en América Latina*. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina: EDIUNC.

ROSETO, J., 2009. *Dendrocronología de árboles de mogno, Swietenia macrophylla King., Meliaceae, ocurrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru* [en línea]. São Paulo - Piracicaba: Universidade de São Paulo. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-18052009-165913/pt-br.php>.

- RUBIO, A., 2016. *Estudio del crecimiento y su relación con el clima en Pinus pinaster comparando las técnicas clásicas empleadas en dendrocronología con las multivariantes* [en línea]. España: Universidad de Salamanca. [Consulta: 14 mayo 2019]. Disponible en: https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/135564/1/TFM_MAADM_Rubio_Cuadrado_Alvaro.pdf.
- TABORDA, M.E. y SUAREZ, L.E., 2007. Un nuevo alcaloide carbozólico de *Zanthoxylum rhoifolium*. *Scientia et Technica Año XIII*, vol. 33, pp. 2. ISSN 0122-1701.
- TOMAZELLO, M., BOTOSSO, P. y LISI, C., 2000. Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza, Argentina.: s.n., pp. 381-431.
- TROPICOS.ORG, 2019. Peine Mono (*Apeiba membranacea*). *ITTO* [en línea]. [Consulta: 15 enero 2019]. Disponible en: <http://www.tropicaltimber.info/specie/peine-mono-apeiba-membranacea/>.
- VASCONCELLOS, T., TOMAZELLO, M. y CALLADO, C.H., 2019. Dendrochronology and dendroclimatology of *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae) exposed to urban pollution in Rio de Janeiro city, Brazil. *Dendrochronologia*, vol. 53, pp. 104-113. ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2018.12.004.
- VENEGAS, A., 2013. *Dendrocronología de árboles de Tectona grandis L. e Pinus caribaea var. hondurensis Barr. et Golf de plantação da Mata da Pedreira, Campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP*. São Paulo - Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- WIKIPEDIA, 2019. Clima. En: Page Version ID: 116748428, *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea]. [Consulta: 16 julio 2019]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Clima&oldid=116748428>.
- ZUÑIGA, C., 2012. *Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de Tectona grandis Lf procedente del Fundo Génova-Junín* [en línea]. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/556/K10.Z9-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ANEXOS

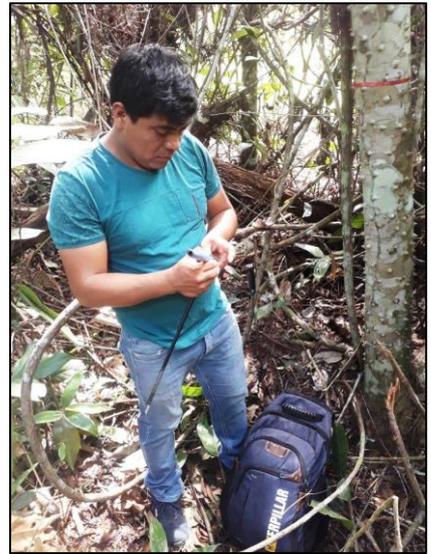
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tesis: “Dendrocronología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios”

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

		<p>para investigación de 27 bloques, se seleccionó un bloque del cual se dividirá en parcelas y se seleccionó una parcela donde se realizó el inventario de todos los árboles mayores a 10 centímetros.</p> <p>Muestra: Del inventario que se realizó en la parcela seccionada, se seleccionó los árboles de la especie <i>Zanthoxylum rhoifolium</i>, para que conformen la muestra, el número de árboles en función a la (NTP N°251.008 2016a), igual o mayor a 05 árboles. En la presente investigación fue de diez.</p> <p>Técnica: La técnica que se empleó en la presente investigación fue no destructiva, pues que se utilizó el barreno de Pressler, para la obtención de las muestras.</p>
--	--	--

Anexo: Fotos fase de campo.



Anexo: Fotos fase de carpintería.



Anexo: Fotos fase de laboratorio.

