

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**



**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE TEJIDOS LEÑOSOS A
NIVEL MACROSCÓPICO EN TRES ESPECIES ARBÓREAS EN UN BOSQUE
AMAZÓNICO DE LA PROVINCIA DE TAHUAMANU, MADRE DE DIOS”**

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

AUTOR:

Bach.:GRANDEZ PIÑA, Gellsin Adriana.

Bach.:CARDENAS ZUÑIGA, Carlos Eduardo.

Asesor: Dr. PAREJA AUQUIPATA, Víctor.

Coasesor: PhD. PORTAL CAHUANA, Leif Armando.

PUERTO MALDONADO, DICIEMBRE 2023

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE
DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
Y MEDIO AMBIENTE**



**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE TEJIDOS LEÑOSOS A
NIVEL MACROSCÓPICO EN TRES ESPECIES ARBÓREAS EN UN BOSQUE
AMAZÓNICO DE LA PROVINCIA DE TAHUAMANU, MADRE DE DIOS”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

AUTOR:

Bach.:GRANDEZ PIÑA, Gellsin Adriana.

Bach.:CARDENAS ZUÑIGA, Carlos Eduardo.

Asesor: Dr. PAREJA AUQUIPATA, Víctor.

Coasesor: PhD. PORTAL CAHUANA, Leif Armando.

Dedicatoria

Yo Carlos Eduardo Cardenas Zuñiga dedico este trabajo a mis padres, el señor Luis Alberto Cardenas Gonzales y mi madre la señora Naida Zuñiga Araujo, que sin su apoyo nada de esto podría ser posible, siempre apoyándome de una manera desinteresada, también va dedicado a todas las personas de una u otra manera formaron parte de este proyecto.

Dedico este proyecto de tesis a mis regalos más grandes que Dios me supo dar mis hijos: Matthews y Lithzy, que son los que me dieron fuerzas y motivos para salir adelante y lograr mis metas; a mi esposo Miguel por su apoyo incondicional para alcanzar mis anhelos. También a mis padres Lizeth y Adrian que me forjaron lo que soy actualmente, brindándome su apoyo desmedido y consejos para ser una mejor persona y a todas las personas que me aprecian.

Gellsin Adriana Grandez Piña

Agradecimiento

Agradecimiento especial a nuestro asesor el Dr. PAREJA AUQUIPATA, Víctor y Coasesor PhD. PORTAL CAHUANA, Leif Armando por las horas de trabajo siempre apoyándonos de forma continua en toda la elaboración de la presente tesis, también agradecer a todas las personas involucradas en este proyecto como familiares, amigos y compañeros de trabajo. Por último, a nuestros docentes de nuestra casa de estudios la UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS por su arduo trabajo en nuestra formación como profesionales, muchas gracias.

TURNITIN_GELLSIN GRANDEZ Y CARLOS CARDENAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unamad.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
8	dokumen.pub Fuente de Internet	<1%
9	editorialalema.org Fuente de Internet	

PRESENTACIÓN

Presentamos esta tesis con la finalidad de aportar al conocimiento de las especies forestales tropicales a través del desarrollo de una nueva metodología para evaluar los tejidos leñosos a nivel macroscópico en las especies tropicales.

Los resultados de esta tesis son fue con una metodología más que ayude al conocimiento científico de las especies tropicales analizándola a nivel macroscópico ahorrando tiempo en el análisis y siendo practico ya que se utilizará un software gratuito para el análisis.

Esperamos que esta metodología planteada sirva para posteriores estudios y sirva como motivación a los estudiantes de Ingeniería Forestal en el descubrimiento de nuevas, metodologías que solucionen los enormes problemas del sector forestal del país.

Cumpliendo con todos los aspectos técnicos y teóricos que se ejecuten en el proceso de investigación se presenta esta investigación a través de una tesis de grado titulada: “Propuesta metodológica para evaluar macroscópicamente tejidos leñosos en tres especies arbóreas de la provincia de Tahuamanu, Madre de Dios”.

INTRODUCCIÓN

En la Grecia clásica Aristóteles recopila una valiosa información sobre muestras vegetales de diferentes lugares, donde realizó la primera clasificación de estos especímenes, clasificándolas en vegetales sin flores y con flores (García et al. 2003). Posteriormente uno de sus discípulos Teofrasto de Efeso realizó estudios de anatomía vegetal profundizándola donde distingue las fibras, venas y la carne, donde la carne se refería al tejido fundamental que incluye las fibras, las venas donde menciona a los canales resiníferos, taníferos, laticíferos, esto publicada en su obra "*Historia Palntarum*". Mucho después en Roma Caius Plinius Secundus, describió por primera vez el duramen y la albura y hablando además de otros aspectos como: fibras, aceites esenciales, nudos y otros aspectos de los vegetales, esto en su obra "*Historia Naturalis*". Para que se hable de anatomía de la madera se esperó a la invención del microscopio, después, Marcelo Malpihi realizó varios descubrimientos sobre la anatomía a nivel microscópico y abrió el camino para la histología y la fisiología, incluye en sus estudios a la madera y la corteza y descubre los vasos esto en su obra "*Opera omnia*". Esto permitió el análisis y el conocimiento de características peculiares del leño de las especies (García et al. 2003; Santini, Borges y Tommasiello 2021).

En América del Sur los últimos estudios botánicos arrojaron 82,052 especies de plantas vasculares; en el Perú se tiene 19,147 especies de plantas, de ellas aproximadamente más de 4,500 especies de árboles (Marcelo-Peña et al. 2020; Vásquez et al. 2018; Ulloa-Ulloa et al. 2017), esta enorme biodiversidad en América del Sur como en el Perú sumado a su complejidad de accesibilidad, el bajo incentivo del estado y el poco o mínimo apoyo de las empresas privadas hacen que el país solo se haya estudiado el 7.6% cuentan con estudios anatómicos básicos (Portal, Carpio y Díaz 2020), lo que demuestra la gran brecha de investigación que se necesita en este campo de la ciencia.

A esto se suma que los estudios de la anatomía de la madera principalmente a nivel microscópico requieren ambientes y equipos especializados con personal técnico capacitado lo que dificulta el avance de estos estudios, para la evaluación cuantitativa de los datos a menudo implica anotar manualmente las estructuras de interés. Este proceso requiere mucho tiempo y a menudo, es un cuello de botella importante en el proceso de evaluación (Arganda-Carreras et al. 2017) de la anatomía de la madera, todo esto explica de alguna manera el avance ínfimo que se tiene es los estudios básicos de la anatomía de la madera y más para obtener datos cuantitativos que requiere tiempo y dinero.

Para lo antes mencionado se requiere desarrollar técnicas modernas para el análisis de la madera que sea rápido y económico a través de software libre que puedan analizar esta clase de estudios y pueda ser replicado en diversas partes del mundo a fin de que se extienda la metodología. La ciencia de la madera llamado identificación de madera basada en visión por computadora, que avanza constantemente hacia el objetivo de construir sistemas automatizados de identificación de madera para satisfacer las necesidades de la industria y el mercado de la madera. Sin embargo, la identificación de la madera basada en la visión por computadora es todavía solo un área pequeña en la ciencia de la madera y aún no es familiar para muchos anatomistas de la madera (Hwang y Sugiyama 2021).

Para trabajar en el análisis automatizado de la anatomía de la madera de las especies forestales, se buscó una especie forestal comercial que crece en la Amazonía de la región de Madre de Dios en el Perú. Y se pretende desarrollar una metodología para evaluar los tejidos leñosos a nivel macroscópico en las especies tropicales.

ÍNDICE

Contenido	
PRESENTACIÓN.....	1
INTRODUCCIÓN	3
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1 Descripción del Problema	11
1.2 Formulación del problema.....	12
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo General.....	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 Variables.....	12
1.5 Operacionalización de las variables	14
1.6 Hipótesis.....	15
1.7 Justificación	15
1.8 Consideraciones Éticas.....	17
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de estudio.....	18
2.2. Marco Teórico.....	24
2.2.1. Descripciones taxonómicas de las especies a estudiar	24
2.2.2. Distribución actual.....	25
2.2.3. Características dendrológicas	25
2.2.4. Características anatómicas.....	27
2.2.5. Trabajabilidad y Usos.....	30
2.3. Definición de términos.....	31
III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.1. Tipo de estudio	33
3.2. Diseño de estudio	33
3.3. Población y muestra.....	33
3.3.1. Población.....	33

3.3.2. Muestra	34
3.4. Métodos y técnicas	34
3.5. Tratamientos de los datos.....	45
IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	46
4.1. Anatomía macroscópica de las especies arbóreas: <i>Amburana acreana</i> , <i>Handroanthus serratifolius</i> , <i>Hymenaea oblongifolia</i>	46
4.1.1. Nombre científico : <i>Amburana acreana</i> (Ducke) A.C. Smith.....	46
4.1.2. Nombre científico : <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O. Grose.....	48
4.1.3. Nombre científico : <i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber.....	50
4.2. Protocolo del uso del software Fiji de ImageJ (WEKA) para la determinación de los tejidos leñosos a nivel macroscópico de las especies arbóreas: <i>Amburana</i> <i>acreana</i> , <i>Handroanthus serratifolius</i> , <i>Hymenaea oblongifolia</i>	53
4.2.2. WEKA abierto y listo para procesar la imagen	54
4.2.3. Imagen con vasos, parénquima y fibras seleccionadas	55
4.2.4. Imagen preprocesada con los tejidos de vasos, parénquima y fibras.....	55
4.2.5. Imagen procesada y final con los tejidos de vasos, parénquima y fibras.....	56
4.2.6. Imagen escaneada, preprocesada y procesada de <i>Amburana acreana</i>	56
4.2.7. Problemas que se pueden presentar en el proceso de clasificación de los tejidos leñosos a nivel macroscópico mediante el software InageJ/Weka.....	59
4.4. Porcentajes de vasos, fibras y parénquima a nivel macroscópico de las especies arbóreas: <i>Amburana acreana</i> , <i>Handroanthus serratifolius</i> , <i>Hymenaea oblongifolia</i> ...	61
V. CONCLUSIÓN	66
VI.RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	73
Anexo1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	73
Anexo2. CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA	77
Anexo3. MAPA DE DISPERSIÓN DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS	78
Anexo4. FOTOS VARIAS.....	79
Anexo5. CARTA DE AUTORIZACIÓN	80
Anexo6. CARTA EMISIÓN DE AUTORIZACIÓN PARA INVESTIGACIÓN.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	12
Tabla 2. Información dasométrica y coordinadas de las especies estudiadas	26
Tabla 3. Porcentaje de vasos, parénquima y fibras a nivel macroscópico de las tres especies estudiadas.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Especies <i>Hymenaea courbaril</i> (sección transversal). A) Imagen microscópica. B) Imagen original copiada para determinar el área con planímetro. C) Imagen segmentada. D) Imagen con clasificación no supervisada. E) Imagen mapeada con cuatro estructuras anatómicas. F) Interpretación digital. Fuente: (Barrios, León y Pacheco 2016)	20
Figura 2. Distribución de las tres especies A) <i>A. cearensis</i> . Fuente: (Leite 2005). B) <i>H. serratifolius</i> . C) <i>H. oblongifolia</i> . Fuente: (gbif.org 2023)	24
Figura 3. Características dendrológicas de las tres especies A) <i>A. cearensis</i> . B) <i>H. serratifolius</i> . Fuente: (SERFOR 2020). C) <i>H. courbaril</i> . Fuente: (Santini 2018).	26
Figura 4. Diferentes cortes de las maderas A) <i>A. cearensis</i> . B) <i>H. serratifolius</i> . Fuente: (Portal 2010). C) <i>H. courbaril</i> . Fuente: (Santini 2018).....	31
Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio del estudio de las especies estudiadas.....	34
Figura 6. Fase de campo. (A) Identificando la especie. (B) Corteza externa e interna. (C) Marcado del árbol seleccionado. (D) Georreferenciación de los árboles. (E) Foto del árbol. (F) Muestra a procesar para mandar al herbario. Fuente: elaboración propia.....	35
Figura 7. Obtención de rodajas en el patio de trozas. (A) Identificación de trozas. (B) Facilitando el corte. (C) Corte de rodaja. (D) Codificado. Fuente: elaboración propia.....	36
Figura 8. Esquema de la metodología de campo y del análisis de imágenes del para la determinación de los porcentajes de los tejidos xilemáticos. A) Árbol y rodaja seleccionadas. B) Rodaja y distribución de las muestras. C) Cubo de 5x5x5 cm. D) Clasificación de la sección transversal.....	38

Figura 9. Obtención de las probetas. (A) Marcado en la rodaja. (B) y (C) Corte de la vigueta. (D) Corte de las probetas. (E) Probetas obtenidas de corteza a la médula. Fuente: elaboración propia.	39
Figura 10. Procedimiento de lijado en agua para las muestras de madera de <i>A. cearensis</i> . Fuente: (Barbosa et al. 2021)	40
Figura 11. Lijado de las muestras. (A) Materiales utilizados. (B) Identificando la sección transversal. (C) Lijado y pulido. (D) Observando la calidad del lijado y pulido. (E y F) Sopleteado de las muestras. Fuente: elaboración propia.....	41
Figura 12. Muestras de maderas de las tres especies estudiadas analizadas por el software ImageJ. Fuente: elaboración propia	43
Figura 13. <i>Amburana acreana</i> . (A) Transición entre albura y duramen. (B) Corte Transversal. (C) Corte Tangencial. (D) Corte Radial. Fuente: elaboración propia.	46
Figura 14. <i>Handroanthus serratifolius</i> . (A) Transición entre albura y duramen. (B) Corte Transversal. (C) Corte Tangencial. (D) Corte Radial. Fuente: elaboración propia.....	48
Figura 15. <i>Hymenaea oblongifolia</i> . (A) Transición entre albura y duramen. (B) Corte Transversal. (C) Corte Tangencial. (D) Corte Radial. Fuente: elaboración propia.....	50
Figura 16: (A) Imagen escaneada. (B) Imagen preprocesada. (C) Imagen procesada. Especie <i>Amburana acreana</i> . Fuente: elaboración propia	55
Figura 17. Porcentaje de tejidos por especies a nivel macroscópico. 1) <i>H. oblongifolia</i> . 2) <i>A. acreana</i> . 3) <i>H. serratifolius</i> . (A) Sección transversal macroscópica escaneada. (B) Sección transversal macroscópica clasificada. (C) Sección transversal macroscópica clasificada ampliada. Fuente: elaboración propia.....	56

Figura 18. Especie <i>H. serratifolius</i> . Imagen A, B y C) Secciones transversales macroscópicas. A-1 y B-1) Son imágenes clasificadas. A y A-1) Se observa grietas. B y B-1) Se observa la transición abrupta entre la albura y el duramen. Fuente: elaboración propia.....	59
Figura 19. Porcentaje de vasos, parénquima y fibras a nivel macroscópico a nivel intraespecífica de las tres especies estudiadas. Fuente: elaboración propia...	61
Figura 20. Porcentaje de vasos, parénquima y fibras a nivel macroscópico a nivel interespecífica de las tres especies estudiadas. Fuente: elaboración propia.	62
Figura 21. Matriz de correlación del gráfico de mapa de calor, entre los vasos, parénquima y fibras de las tres especies forestales estudiadas. La cruz indica un coeficiente de correlación no significativa ($p > 0.05$)... ..	63

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del Problema

La ciencia de la anatomía de la madera es compleja necesitando de ambientes especializados y personal capacitado, esto genera que el avance de las investigaciones de especies forestales nativas de los bosques tropicales sea lento y conlleven muchas veces a la disminución de las poblaciones naturales sin ni siquiera conocer sus características anatómicas y/o tecnológicas, esto sumado a diversas actividades antrópicas como: incendios forestales, minería ilegal, deforestación, cambio de uso de la tierra, destruyen los ecosistemas naturales.

A lo antes mencionado se suma el poco incentivo que existe en estudiar nuevas especies forestales en la industria forestal que conlleven a incrementar la lista comercial de especies forestales comerciales en el Perú. Y se siga impactando las pocas especies comerciales que se vienen utilizando en la industria forestal del país.

Existen en el sector industrial principalmente en la anatomía de la madera diversos softwares especializados que ayudan al estudio microscópico de una manera semiautomática (WinCELL, Roxas, etc), sin embargo, no es accesible para todos los investigadores por que llega a ser costoso o necesita de otros programas complementarios y además su utilización llega a ser compleja requiriendo de cursos de capacitación y los centros de estudio y/o investigaciones son pocos en brindar estos servicios.

Razón por la cual se requiere nuevas metodologías que ayuden a minimizar estos problemas y ayuden a analizar de manera rápida y practica la anatomía de la madera a nivel macroscópico que requiere menor inversión de

tiempo y dinero. Y además se pueda usar softwares libres disponibles en el internet y sean gratis y de un funcionamiento simple.

1.2 Formulación del problema

¿Qué metodología se podrá utilizar para determinar los porcentajes de los tejidos anatómicos de la especie forestal a nivel macroscópico?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Desarrollar una propuesta metodológica para evaluar los tejidos leñosos a nivel macroscópico en las especies arbóreas: *Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea oblongifolia* proveniente de la provincia de Tahuamanu, Madre de Dios.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir la anatomía macroscópica de las especies arbóreas: *Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea oblongifolia*.
- Detallar el protocolo del uso del software Fiji de ImageJ (WEKA) para la determinación de los tejidos leñosos a nivel macroscópico de las especies arbóreas: *Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea oblongifolia*.
- Determinar los porcentajes de vasos, fibras y parénquima a nivel macroscópico de las especies arbóreas: *Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea oblongifolia*.

1.4 Variables

Las variables en la presente investigación son:

- Variables Independientes: Características macroscópicas, porcentaje de vasos, fibras y parénquima.
- Variables Dependientes: variación radial de los porcentajes de los tejidos leñosos en la sección transversal.

1.5 Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

Variables	Indicadores	Instrumento	Unidad/escala	Fuente
Características macroscópicas	Descripción de las características macroscópicas	Muestras de madera (Rodaja y cubos)	Descripción	IAWA
Porcentaje de vasos, fibras y parénquima.	Medición automática de los porcentajes de tejidos leñosos a nivel macroscópico	Muestras digitalizadas de la sección digital transversal	Porcentaje (%)	WEKA
variación radial de los porcentajes de los tejidos leñosos en la sección transversal.	Medición automática en tres posiciones radiales	Muestras digitalizadas de la sección digital transversal en las tres posiciones	Porcentaje en posiciones (%)	WEKA

Siglas: IAWA = International Association of Wood Anatomists.

WEKA = Waikato Environment for Knowledge Analysis.

1.6 Hipótesis

H0: No es posible diferenciar los porcentajes de los tejidos leñosos a nivel macroscópico en las especies tropicales.

H1: Si es posible diferenciar los porcentajes de los tejidos leñosos a nivel macroscópico en las especies tropicales.

1.7 Justificación

Económico

Las especies arbóreas (*Amburana cearensis*, *Handroanthus serratifolius*, *Hymenaea oblongifolia*) que se plantea estudiar en esta investigación, son especies de importancia comercial (Citemadera 2008) y que su aprovechamiento trae ingresos a la población involucrada en su aprovechamiento, siendo importante estudiarlas y que aporte conocimiento técnico y científico a estas especies.

Profundizar en el conocimiento científico de las especies *A. acreana*, *H. serratifolius*, *H. oblongifolia*, ayudará en la identificación macroscópica de las maderas, conociendo los porcentajes de sus elementos leñosos y con ello puede facilitar su trazabilidad y ayudar a los concesionarios, empresarios, etc., en el proceso de comercialización.

Social

Las poblaciones que aprovechan las maderas tropicales, así también las autoridades involucradas en la vigilancia y control de los recursos forestales

requieren procesos rápidos que ayuden a determinar las especies luchar contra la tala ilegal. En estos tiempos donde la informática y la tecnología se suman a la investigación, existen diferentes esfuerzos de investigadores para identificar las maderas como, por ejemplo: El equipo XiloTron un equipo automático y completo para identificación de madera a escala macroscópica que utiliza un sistema de imágenes que tiene un software para el control de la cámara (Ravindran et al. 2020). El XyloPhone es macroscópico de alta calidad impreso en 3D y que se acopla a los celulares inteligentes con diferentes características de iluminación y distancia para proporcionar fotos de excelente calidad a nivel macroscópico (Wiedenhoeft 2020). Identificación rápida mediante XRF (Fluorescencia de rayos X) con aprendizaje automático de redes neuronales convolucionales llega a ser una alternativa para la identificación de las maderas y ayuda en la lucha de la tala ilegal, siendo una técnica rápida y precisa (Shugar, Drake y Kelley 2021). También se observa esfuerzos para usar la madera lijada a nivel macroscópico en lugar de usar láminas histológicas a nivel microscópico, que buscan facilitar los estudios en maderas duras que llegan a ser las más complicadas en la anatomía microscópica, las luces blancas combinadas con la fluorescencia ayudan a mostrar microcaracterísticas de las maderas en superficies lijadas (Kitin et al. 2021).

Ambiental

El estudio de la anatomía de la madera es muy importante porque es la base de los otros estudios tecnológicos de la madera, su conocimiento ayuda en el aprovechamiento sostenible de las especies forestales de los bosques tropicales. Es por ello que se necesita una metodología rápida, practica y económica que ayude a la identificación de los porcentajes de los tejidos anatómicos para aportar al conocimiento científico de las especies tropicales.

La necesidad de conocer esta información tecnológica radica en el hecho que los bosques tropicales están siendo impactados por diversas actividades

antrópicas, y sus poblaciones naturales tan siendo fuertemente impactadas, razón por la cual se requiere esta clase de investigaciones que ayuden a poner en valor a las especies tropicales. Todo esfuerzo en ayudar a los fines de control y vigilancia de los recursos naturales deben de ser promovidos por instituciones públicas y privadas que ayuden al aprovechamiento sostenible de nuestros bosques.

Por lo antes señalado es necesario investigar y desarrollar metodologías prácticas que ayuden a los anatomistas en la investigación de las maderas tropicales y así apoyar a la tala ilegal de las maderas mediante el conocimiento técnico y científico.

1.8 Consideraciones éticas

Los tesisistas se comprometieron a seguir el Reglamento de grados y títulos de la UNAMAD vigente, así también que el recurso maderable que se investigó provino de actividades legales de manejo forestal y carta de autorización para investigación emitido por la Gerencia Regional Forestal y de Fauna Silvestre (ver anexo 6 carta de autorización) y que fue parte del volumen de una autorizada del plan de manejo intermediario reformulado aprobado con Resolución N°083-2021-GOREMAD-GRFFS/SOFFS-TAH (ver anexo 5 carta de autorización); además que la planta de transformación que se utilice para la obtención de las muestras este registrado en la Dirección Regional Forestal y de Fauna Silvestre de la Región de Madre de Dios. Y en todo aspecto que se realice en el transcurso de toda la investigación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Investigaciones relacionadas a los tejidos xilemáticos

Fonti y GarcíaGonzález (2004), en un estudio se demostró que el área de vasos de la madera temprana de la especie *Castanea sativa* es un indicador ecológico adecuado y contiene información ambiental y que es diferente a las otras características de del ancho de los anillos de crecimiento y madera temprana considerada. Este tamaño de los vasos se relacionó principalmente con la temperatura en el periodo de crecimiento. En este estudio los vasos de la madera temprana fueron reconocidos automáticamente mediante el software Image Pro Plus, mediante imágenes digitalizadas adquiridos de la superficie transversal de la madera previamente pulida.

Garcia-Gonzalez y Fonti (2006), mencionan que la característica anatómica de los vasos de la madera temprana a menudo refleja información sobre condiciones climáticas pasadas. Estudiando la especie *Castanea sativa*, encontraron que el área media de los vasos de la madera temprana en cada anillo de crecimiento anual se relacionó estrechamente con la temperatura de marzo, mientras que el área media de los vasos de la madera tardía se relacionó mejor con la temperatura de junio. Estudio realizado también con el software Image Pro Plus.

Giantomasi et al. (2009), en un estudio en Argentina donde realizaron las cronologías del ancho de los anillos de crecimiento, el área total de los vasos y el número de los vasos por anillo de crecimiento de la especie *Prosopis flexuosa*. Sus resultados muestran que los anillos de crecimiento, el área total de los vasos y el número de los vasos fueron influenciados positivamente por la precipitación regional correspondiente a la estacionalidad del periodo de noviembre a

diciembre y refleja la importancia de la disponibilidad de agua en la etapa inicial de la formación de la madera. El análisis lo realizaron mediante fotografías con microscopio estereoscopio con cámara integrada donde las muestras previamente fueron lijadas y pulidas; y posteriormente analizadas mediante el software PC-Image.

Campelo et al. (2010), realizaron una serie temporal de los vasos de la especie *Quercus ilex*, donde se tomaron fotos de la sección transversal de la madera desde la corteza a la médula con una cámara digital conectada a un microscopio estereoscopio. Todos los análisis de las imágenes digitales se realizaron utilizando el software Image Pro Plus.

De Mil et al. (2018), en su estudio sobre “perfiles de Densidad de la Madera y sus correspondientes fracciones de tejido en árboles de angiospermas tropicales”, donde utilizaron la herramienta de segmentación Weka en el software ImageJ, donde midieron semiautomáticamente las fracciones de lumen de vasos, parénquima y fibra. Donde encontraron que, en promedio, la variación del perfil de densidad refleja principalmente variaciones en el lumen de la fibra y las fracciones de la pared, pero estas dependen de la especie y la posición.

Barrios, León y Pacheco (2016), en Venezuela usaron tecnologías de información geográfica para determinar las características cuantitativas de la madera de cuatro especies forestales comerciales (*Gmelia arborea*, *Pachira quinata*, *Erisma uncinatum* y *Hymenaea courbaril*); dichas muestras se obtuvieron de la Xiloteca MERw de la Universidad de Los Andes, donde por cada especie estudiada se seleccionaron dos árboles y se prepararon muestras para analizarlas a nivel microscópico, donde se midieron radios, fibras, vasos y parénquima (Fig. 1). Principalmente para esta investigación se utilizó el software ArcGIS versión 9.3. Se utilizó un proceso semiautomático, donde los resultados mostraron solo datos confiables para la proporción de los vasos.



Figura 1. Especies *Hymenaea courbaril* (sección transversal). A) Imagen microscópica. B) Imagen original copiada para determinar el área con planímetro. C) Imagen segmentada. D) Imagen con clasificación no supervisada. E) Imagen mapeada con cuatro estructuras anatómicas. F) Interpretación digital. Fuente: (Barrios, León y Pacheco 2016).

Investigaciones sobre la anatomía de la madera realizadas con las especies: *Amburana cearensis*, *Handroanthus serratifolius*, *Hymenaea oblongifolia*

Internacional

Paredes et al. (2015), estudiaron los anillos de crecimiento de la especie *A. cearensis*, para relacionarlos con el clima local de Bolivia, para ello colectaron rodajas de madera de 11 árboles. Encontraron correlaciones positivas con la precipitación mensual y negativamente con la temperatura, además, *A. cearensis*, presenta potencial para reconstruir el clima en la región de Chiquitania en Bolivia.

López, Villalba y Stahle (2022), utilizaron la especie *A. cearensis*, para estudiar las variables climáticas a lo largo de una transición de bosque tropical en América del Sur. Compararon cuatro cronologías desarrolladas a partir de los anillos de crecimiento, encontraron correlaciones negativas con la temperatura y positivas con la precipitación. La especie *A. cearensis* cuenta con valiosos registros de las variables climáticas y registros del cambio climático en su leño.

Andrade et al. (2019), utilizaron las especies comerciales del sur de la Amazonía brasilera: *H. serratifolius*, *H. courbaril* para estudiar modelos de crecimiento mediante los anillos de crecimiento que ayuden al manejo forestal, utilizaron 20 rodajas de *H. courbaril* y 17 rodajas de *H. serratifolius*. Las especies variaron de 104 a 241 años, los incrementos en diámetro son similares de $3.9 \pm 0.5 \text{ mm año}^{-1}$ y $4.1 \pm 0.6 \text{ mm año}^{-1}$. Los resultados demuestran la necesidad de ajustar los sistemas de tala selectiva en la Amazonía brasilera.

Nacional

Acevedo y Kikata (1994), realizó descripciones anatómicas de las tres especies comerciales (*A. cearensis*, *H. serratifolius*, *H. courbaril*), donde describe las características macroscópicas y las principales características microscópicas con los registros fotográficos respectivos, siendo un aporte importante en el sector industrial.

Marcelo-Peña et al. (2020), estudiaron la anatomía de la madera de 183 especies forestales entre ellas *A.cearensis* y *H. serratifolius*, para aplicaciones potenciales en dendroecología, donde describió la visibilidad de los anillos de crecimiento y cuál es el tipo de marcador anatómico, esta investigación es considerada uno de los aportes más importantes en la anatomía de la madera en los últimos años.

Ferreira et al. (2021), estudiaron en la "Selva Central" peruana provee madera de calidad. Se identificaron 20 especies arbóreas en 13 aserraderos de 3 provincias. Destacan Lauraceae, Fabaceae, Moraceae, Meliaceae y Euphorbiaceae. La descripción anatómica, imágenes y clave de identificación revelan la importancia en control forestal, trazabilidad y futuros métodos de identificación con inteligencia artificial.

Locales

Portal-Cahuana (2022) estudió la anatomía de 4 especies amazónicas (*Guazuma crinita*, *Copaifera officinalis*, *Cordia alliodora* y *Calophyllum brasiliense*) en Madre de Dios, Perú, descrita según normativas internacionales. Diferencias macroscópicas, como el parénquima axial, permiten su identificación, con detalles peculiares como los canales axiales en *Copaifera officinalis*. Se logra identificación anatómica y clave visual para las especies con registros fotográficos.

Portal y Latorraca (2020) mencionan que el manejo forestal sostenible precisa datos clave sobre crecimiento, edad y comportamiento de árboles. Las parcelas de muestreo tradicionales en América Latina tienen limitaciones. La dendrocronología, aquí usada con *Hymenaea oblongifolia* en la Amazonía peruana, revela anillos anuales claros, datos que muestran edades de 109 a 236 años y relaciones con clima. Azúcar huayo demuestra potencial para estudios dendrocronológicos en Madre de Dios, Perú.

Portal et al. (2019), estudiaron la variación radial anatómica y física de la especie *A. cearensis*, mediante la densitometría de rayos X y del análisis de las fibras a nivel microscópico, encontrando variación radial en la dirección médula corteza de esta especie y que la variación de la densidad se explica con las mediciones de las fibras.

Alderete (2018), estudio las propiedades físicas y su variación radial de la especie *H. courbaril*, estudió 10 árboles obteniendo rodajas de madera de la base del árbol, sus resultados muestran que la densidad, contracciones y contenido de humedad mostraron variaciones en las tres posiciones estudiadas, mientras que el índice de estabilidad no presentó diferencias estadísticas.

2.2. Marco Teórico.

2.2.1. Descripciones taxonómicas de las especies a estudiar

Según Tropicos.org (2021) las taxonomías de las tres especies son:

- División: Angiospermas.
- Clase: Dicotiledóneas.
- Orden: Fabales.
- Familia: Fabaceae.
- Género: *Amburana*.
- Nombre científico: *Amburana acreana* (Ducke) A.C. Sm.
- Sinónimos Botánicos: *Torresea acreana* Ducke.
- Nombres comunes: Ishpingo

- Nombre comercial internacional: Cerejeira.

- División: Angiospermas.
- Clase: Dicotiledóneas.
- Orden: Lamiales.
- Familia: Bignoniaceae.
- Género: *Handroanthus*.
- Nombre científico: *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose.
- Sinónimos Botánicos: *Bignonia araliacea* Cham.
- Nombres comunes: Tahuari.

- Nombre comercial internacional: Ipe.

- División: Angiospermas.
- Clase: Dicotiledóneas.
- Orden: Fabales.
- Familia: Fabaceae.
- Género: *Hymenaea*.
- Nombre científico: *Hymenaea oblongifolia* Huber
- Sinónimos Botánicos: *Hymenaea animifera* Stokes
- Nombres comunes: Azúcar huayo

- Nombre comercial internacional: Jatoba.

2.2.2. Distribución actual

La especie *A. acreana* principalmente se encuentra en América del Sur (Fig. 2), en el país de Brasil y Perú. Para la especie *H. serratifolius* se encuentra distribuida en: Bolivia, Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana, Suriname y Guyana Francesa. Finalmente, para la especie *H. courbaril* se distribuye en: Uruguay, Paraguay, Bolivia, Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana, Suriname, Guyana Francesa.

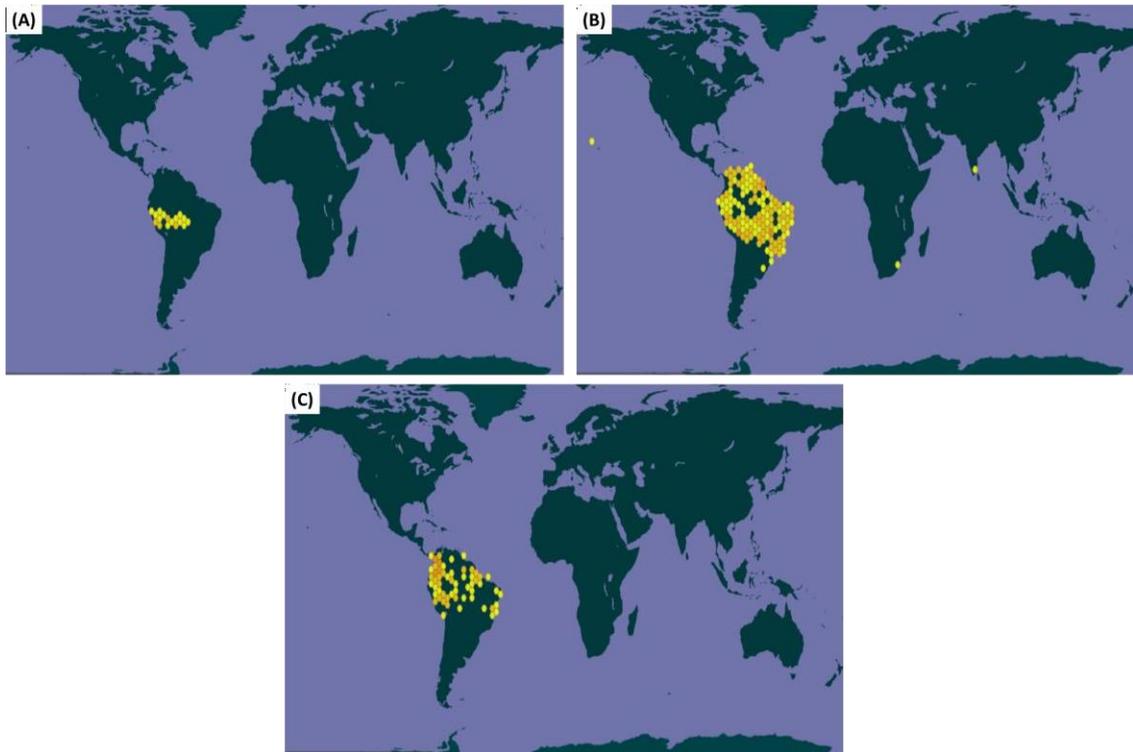


Figura 2. Distribución de las tres especies **A)** *A. cearensis*. Fuente: (Leite 2005). **B)** *H. serratifolius*. **C)** *H. oblongifolia*. Fuente: (gbif.org 2023).

2.2.3. Características dendrológicas

La especie *A. cearensis* se caracteriza por ser un árbol de 15 a 25 m con 40 a 110 cm de diámetro a la altura del pecho, presenta el fuste cilíndrico. Corteza externa, es lisa e suberosa, con lenticelas, de coloración marrón oscuro. Corteza interna beige claro (Fig. 3), no presenta látex, olor agradable. Hojas compuestas y alternas imparipinadas, ovaladas y glabras. Inflorescencia en panícula aciales e terminales. Flores blancas a amarillas perfumadas. Frutos en legumbres

achataos de coloración negra. Semillas de forma elíptica, textura leñosa, de coloración parda (Santini 2018; Leite 2005).

Sobre la especie *H. serratifolius* los árboles de 6-15m.; 15-30cm DAP, fuste recto, bifurcado y ramificado a 3m. Corteza externa ligeramente fisurada, con placas rectangulares, de color marrón grisáceo. Corteza interior marrón oscuro, laminar, libre de látex. Ramas terminales en sección circular, glabras. Hojas compuestas, tipadas, folíolos coriáceos y pubescentes por ambas caras, ápice acuminado, base obtusa, margen aserrado, de 6-12 cm de largo y 6-9 cm de ancho. Inflorescencias en panículas terminales, cilíndricas, pubescentes. Flores vistosas, de color amarillo. Frutos silicosos, alargados y cilíndricos, glabros, de color pardo claro a verdoso, de 27x2cm de diámetro. Semillas aladas, de color marrón claro, de 3x1cm de diámetro (Santini 2018).

Para la especie *H. courbaril* el árbol de 20m-30m de altura.; el tronco puede exceder 1m. de diámetro, fuste recto, cilíndrico, ramificado a 8m. Corteza externa lisa y de color grisáceo. Corteza interior sin olor característico, sin látex y de color rosa. Ramas terminales en sección circular, superficie con lenticelas blanquecinas, glabras. Hojas compuestas, alternas, bifolioladas, estípulas presentes, folíolos cartáceos, glabros, brillantes, ápice agudo, base oblicua, margen entero, de 3-12 cm de largo y 2-8 cm de ancho. Inflorescencias en panículas terminales cortas. Flores grandes y vistosas, de color blanco, bisexuales. Frutos leguminosos, indehiscentes, subleñosos, de color marrón oscuro. Semillas envueltas en pulpa farinácea, dulces, de color amarillo y olor fuerte, de 1-2 cm de diámetro (Santini 2018).



Figura 3. Características dendrológicas de las tres especies **A)** *A. cearensis*. **B)** *H. serratifolius*. Fuente: (SERFOR 2020). **C)** *H. courbaril*. Fuente: (Santini 2018).

2.2.4. Características anatómicas

A continuación, se describe las características anatómicas de las maderas de las tres especies forestales.

Para la especie *A. acreana*.

Caracteres de la madera

Color del duramen pardo amarillento con manchas rosadas, y el duramen blanquecino. Textura gruesa, grano oblicuo a entrecruzado, superficie áspera al

acto poco lustroso, sin sabor, olor agradable y peculiar, de un fuerte olor a cumarina (EMBRAPA 2007).

Para la especie *H. serratifolius*.

Caracteres de la madera

Madera muy pesada, de color marrón grisáceo, fibra recta, textura fina, olor imperceptible. Capas de crecimiento ligeramente distintas, individualizadas por zonas fibrosas transversales más oscuras y menor concentración de poros. Parénquima aliforme en rombo axial. Vasos visibles con lente de 10x, difusos, solitarios y múltiples, comúnmente obstruidos por sustancia de color amarillo, líneas vasculares regulares en la sección tangencial. Numerosos rayos finos, visibles solo bajo una lente de 10x en el plano transversal, estratificados. Ausencia de canales secretores axiales, máculas medulares e incluso floema.

Para la especie *H. oblongifolia*.

Caracteres de la madera

Madera pesada, de color rojizo, veta invertida, textura media, olor imperceptible. Capas de crecimiento muy diferenciadas, individualizadas por la presencia de parénquima marginal. Parénquima axial en líneas marginales, ocasionalmente aliformes en forma de rombo. Vasos visibles a simple vista, difusos, predominantemente solitarios, obstruidos por encía, líneas vasculares regulares en la sección tangencial. Numerosos rayos finos, visibles a simple vista en el plano transversal, sin estratificación. Ausencia de canales secretores axiales, máculas medulares e incluso floema (Portal y Latorraca 2020).

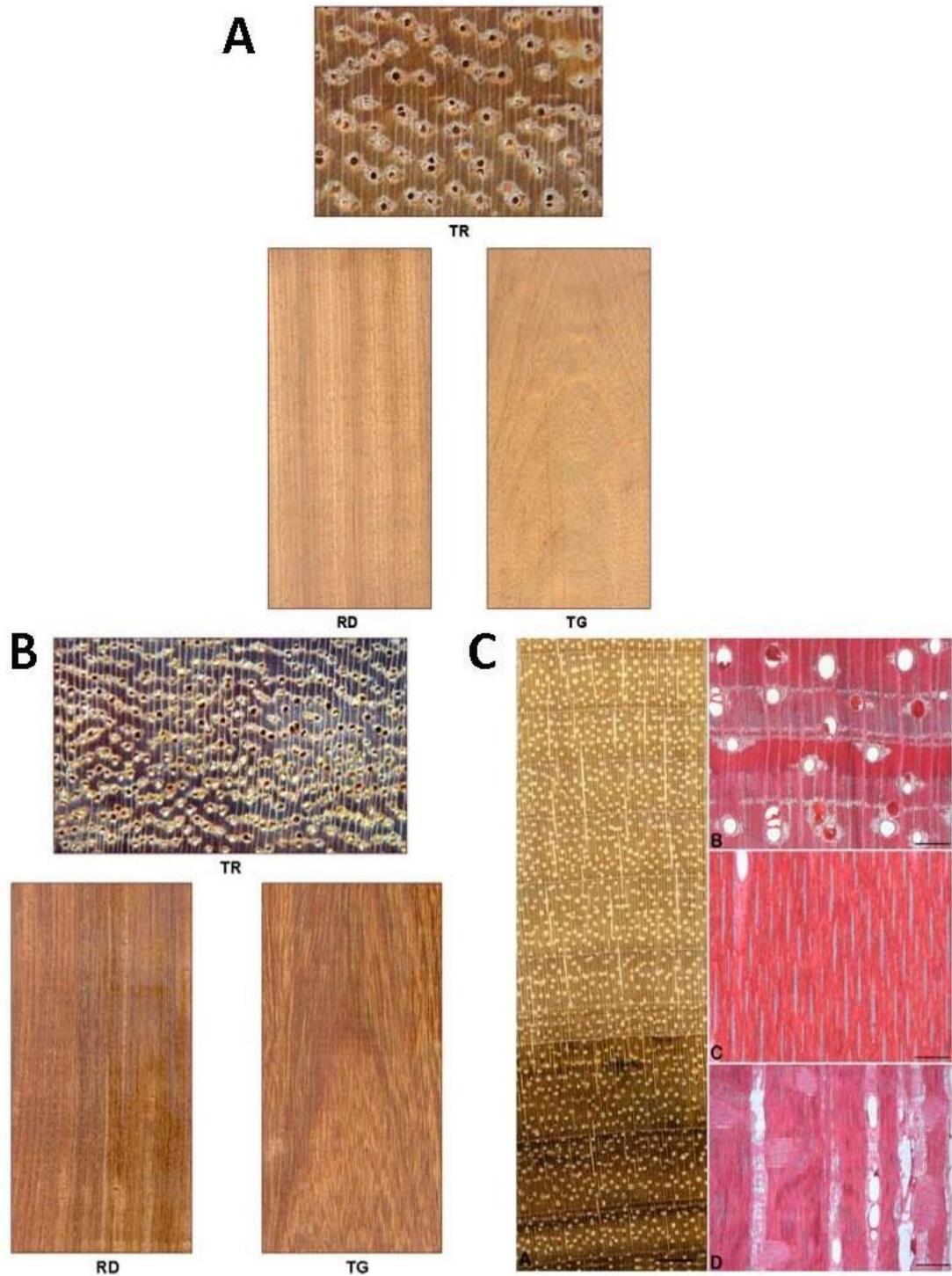


Figura 4. Diferentes cortes de las maderas **A)** *A. cearensis*. **B)** *H. serratifolius*. Fuente: (Portal 2010). **C)** *H. courbaril*. Fuente: (Santini 2018).

2.2.5. Trabajabilidad y usos

La trabajabilidad y usos de las tres especies forestales se describe a continuación.

La madera de *A. cearensis* la trabajabilidad con herramientas es fácil y con ciertos defectos al cepillado en máquinas de carpintería esto por el tipo de grano entrecruzado, estos defectos se corrigen porque presenta buen lijado y acabado excelente (Portal 2010). La madera es usada en la ebanistería de exteriores como interiores, se fabrican puertas, ventanas, muebles, mobiliario, chapas decorativas. Se utiliza en construcciones en general, pero se destaca en las chapas de muebles, e reporta para pisos y el fuerte perfume de la cumarina es repelente de insectos. También se utiliza para esculturas, muebles de lujo entre otros (Leite 2005; Portal 2010; Santini 2018).

La madera de *H. serratifolius* es una madera dura y pesada que presenta una densidad básica alta de 0.92 gr/cm^3 . Madera por su alta dureza difícil de trabajar produce efectos de desafilado, se recomienda usar herramientas bien implementadas. Se utiliza en construcciones pesadas, vigas, columnas, durmientes, postes, puentes, construcciones marinas, carrocerías, botes, artesanía, mangos de herramientas, pisos y parquet (Portal 2010).

La madera de *Hymenaea courbaril* se puede utilizar para acabados interiores como vigas, listones, marcos de puertas, parquet y tarimas, artículos deportivos, mangos de herramientas e implementos agrícolas, construcción al aire libre. como traviesas y crucetas, marcos, láminas rebanadas, partes de muebles, pisos y partes del cuerpo (Santini 2018).

2.3. Definición de términos

Términos extraídos del libro de (Santini, Borges y Tommasiello 2021).

Coloración de la madera. - en la mayoría de las especies, cuando la madera alcanza la madurez, la parte interna del tronco se vuelve de color más oscuro que la parte externa. La parte interna se llama duramen y la parte externa se llama albura. La distinción entre duramen y albura también puede representar una categoría para caracterizar e identificar una especie de madera en particular. Esta diferencia de color se debe principalmente a la impregnación de sustancias orgánicas en las células que componen el duramen.

Corte transversal. - su orientación es perpendicular al eje del fuste. Este corte nos da una sección transversal de la pieza de madera. El plan de estudio nos brinda mayor información respecto a la identificación macroscópica de las maderas, por ejemplo, relacionada con el tipo de parénquima axial, la visibilidad de los anillos de crecimiento, la disposición y frecuencia de los vasos, entre otros.

Corte longitudinal tangencial. - su orientación es perpendicular a la dirección de los rayos, paralela al eje del fuste. Está dispuesto tangencialmente al límite de los anillos de crecimiento. En este plan de estudio podemos inferir, por ejemplo, sobre la estratificación de los elementos celulares.

Corte longitudinal radial. - su orientación es paralela a los radios y perpendicular al límite de los anillos de crecimiento. El plano radial nos da información, por ejemplo, sobre la disposición y anchura de los rayos.

Parénquima axial. - está directamente relacionado con el metabolismo de las plantas, ya que realiza la función de almacenamiento en la madera, estando compuesto por células cilíndricas o prismáticas a lo largo del eje del árbol. Sus

células se pueden distinguir de otras por tener las paredes más delgadas y por la ausencia de lignificación. Su configuración es extremadamente variable entre especies y permite una clasificación basada en el patrón que formará en la madera. La identificación del tipo de parénquima axial es quizás la característica más importante en la identificación de la madera, permitiendo, en algunos casos, llegar a la familia botánica o incluso al género de la especie sólo a través del análisis de esta característica.

Vasos. - los elementos de los vasos son pequeñas estructuras tubulares (20 mm a 500 mm) que unidos formarán los vasos conductores del xilema secundario. Son responsables del flujo ascendente de savia cruda (agua y sales minerales) desde las raíces hasta las copas de los árboles. Su observación se realiza en el plano transversal, donde las vasijas se muestran en forma redondeada, ovalada o angular, siendo de suma importancia para la identificación de las maderas.

III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio

La presente investigación se basa en el estudio de tipo descriptivo, porque se detalló el protocolo para la determinación de los porcentajes de los tejidos xilemáticos a nivel macroscópico y se analizó como es la estructura macroscópica de la madera y cuáles son sus porcentajes de tejidos xilemáticos. Para ello se utilizó tres especies forestales nativas de valor comercial en la región de Madre de Dios en el Perú.

3.2. Diseño de estudio

El diseño que se planteó para esta investigación cumple los métodos y técnicas razonables para afrontar el problema de la investigación. Que se sintetiza en colección del material leñoso de tres especies forestales, determinación de los porcentajes de los tejidos xilemáticos a través de la clasificación supervisada a nivel macroscópico y por último el análisis de los datos de la especie estudiada.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de las tres especies forestales se encuentra en la provincia de Tahuamanu en la región de Madre de Dios, específicamente en la concesión forestal Danny Ferrer Palacios, y fueron todos los árboles aprovechables con diámetros a la altura del pecho igual o mayor a 56 cm aprobados en el plan operativo anual de la concesión para el periodo 2022.

3.3.2. Muestra

Las muestras fueron conformadas por nueve árboles, tres árboles de cada especie forestales, esto en conformidad a la Norma Técnica Peruana “selección y colección de muestras” (NTP N°251.008 2016), donde se menciona que debe tomarse como mínimo tres árboles por población. Dichas muestras fueron seleccionadas de manera aleatoria simple en el patio de trozas de la planta de transformación Forestal Grandez, ubicado en Sector 03 villa Esperanza-04 progreso/ zona industrial en Iberia.

3.4. Métodos y técnicas

❖ Materiales

A continuación, se muestra los materiales que se utilizaran para la investigación:

- ❖ Cinta métrica.
- ❖ Motosierra.
- ❖ Tijera telescópica.
- ❖ Tijera podadora.
- ❖ Marcadores de diferentes colores.
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ Libreta de campo.
- ❖ Separadores de madera.
- ❖ Bandeja de plástico.
- ❖ Papel de lija de agua de diferentes granulometrías.
- ❖ Escáner.
- ❖ Computadora.
- ❖ Microscopio estereoscopio portátil.
- ❖ Software estadístico R versión 3.1.2.

- ❖ Software FIJI de Image J.
- ❖ Materiales de escritorio.

❖ **Fase de Campo**

El área de estudio está ubicada en la región de Madre de Dios en el suroriente del país, en la provincia de Tahuamanu, donde se colectaron en la concesión forestal Danny Ferrer Palacios concedida por el estado peruano (Fig. 05). Se acompañó al personal de campo de la concesión para cortar los árboles (mediante el método aleatorio simple no probabilístico los tres árboles por especie) y obtuvo las muestras botánicas (Fig. 06) que fueron procesadas y enviadas al Herbario MOL de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para confirmar las especies (ver anexo 02, constancia de identificación botánica). Posteriormente, en la planta de transformación Forestal Grandez, se identificaron las trozas de los árboles seleccionados en campo de las tres especies forestales (*Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea oblongifolia*), en el patio de la planta. Mapa de dispersión de las especies estudiadas (Anexo 03).

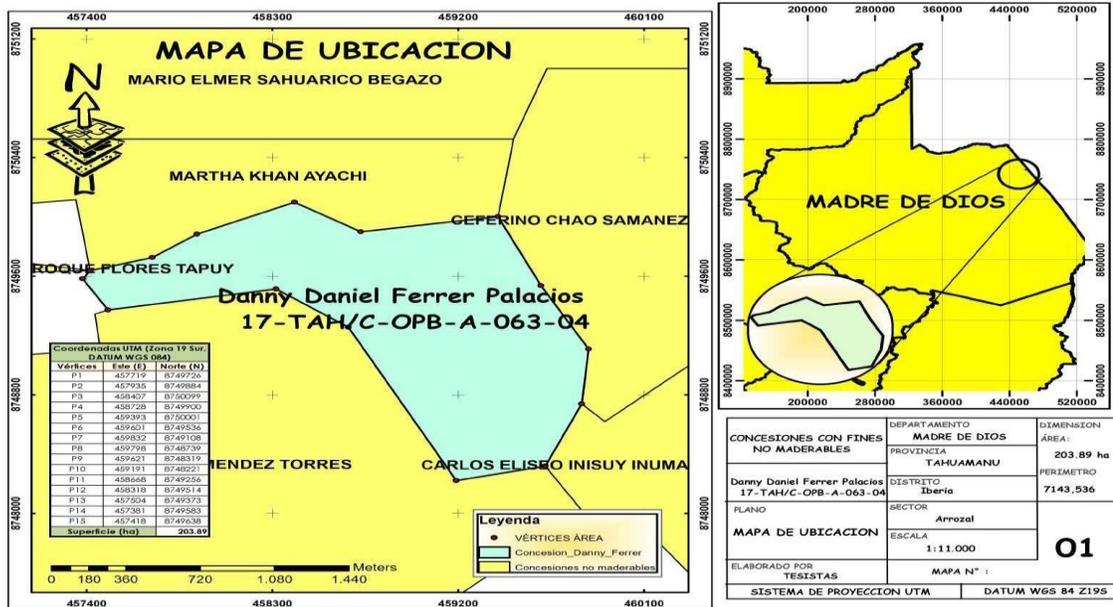


Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio del estudio de las especies estudiadas.



Figura 6. Fase de campo. **(A)** Identificando la especie. **(B)** Corteza externa e interna. **(C)** Marcado del árbol seleccionado. **(D)** Georreferenciación de los árboles. **(E)** Foto del árbol. **(F)** Muestra a procesar para mandar al herbario. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran los datos dasométricos y coordenadas de las especies estudiadas (Tabla 2).

Tabla 2. Información dasométrica y coordenadas de las especies estudiadas. DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm), HC = Altura comercial (m), VOL = Volumen, COND = Condición, Aprov = Aprovechable.

N° COL	CÓDIGO DE ÁRBOL	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DAP	HC	VOL	ESTE	NORTE	COND
GGP-02	201	Ishpingo	<i>Amburana acreana</i>	0.60	15	4.25	459243	8748710	Aprov.
	483	Ishpingo	<i>Amburana acreana</i>	0.70	18	4.50	459018	8748582	Aprov.
	637	Ishpingo	<i>Amburana acreana</i>	0.78	17	5.28	458789	8749232	Aprov.
GGP-03	156	Tahuari	<i>Handroanthus serratifolius</i>	0.78	12	3.73	459517	8749014	Aprov.
	298	Tahuari	<i>Handroanthus serratifolius</i>	0.70	16	4.00	458994	8749662	Aprov.
	367	Tahuari	<i>Handroanthus serratifolius</i>	0.78	19	5.90	459027	8749040	Aprov.
GGP-01	265	Azúcar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	0.70	16	4.00	458376	8749887	Aprov.
	328	Azúcar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	0.70	17	4.25	459649	8748888	Aprov.
	383	Azúcar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	0.79	19	6.05	459475	8749219	Aprov.

Fuente: elaboración propia.

Una vez seleccionado las trozas de los tres árboles de la especie en estudio, las más cilíndricas posibles que se encontró, se cortaron rodajas de la base de la primera troza con un espesor de 8 cm por el diámetro de cada árbol (Fig. 07), considerando aspectos estéticos y fitosanitarios como: medula sin pudriciones, de preferencia rodajas lo más cilíndricas posibles, que presenten



corteza y sin ninguna pudrición aparente.

Figura 7. Obtención de rodajas en el patio de trozas. **(A)** Identificación de trozas. **(B)** Facilitando el corte. **(C)** Corte de rodaja. **(D)** Codificado. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente de la colecta de las muestras (rodajas) de las especies en estudio (*Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius*, *Hymenaea oblongifolia*), se procedió a secarlas al ambiente por un periodo de por lo menos 15 días que dependió principalmente del grado de humedad con que estuvieron las muestras al momento de la colecta.

Seguidamente, una de las superficies transversales de cada rodaja fue lijada mediante procedimientos dendrocronológicos que consiste en lijar con lijas 80, 100 hasta 1200 gr/cm² (López y Villalba 2020; Aragão, Groenendijk y Lisi 2019) esto con la finalidad de observar y seleccionar el área que se cortará para el estudio. Una vez lijado se marcó una sección rectangular de corteza a corteza (sección diametral) con un ancho de 5 cm (Fig. 08), dichas muestras representan dos submuestras de corteza a médula, de donde se ubicaron un punto en el centro de la submuestra de 50%, en dicho punto se obtendrá un cubo de 5x5x5 cm que será las muestras donde se van a trabajar (Fig. 09). El resultado de esto será dos cubos por árbol y en total dieciocho muestras para el presente estudio.

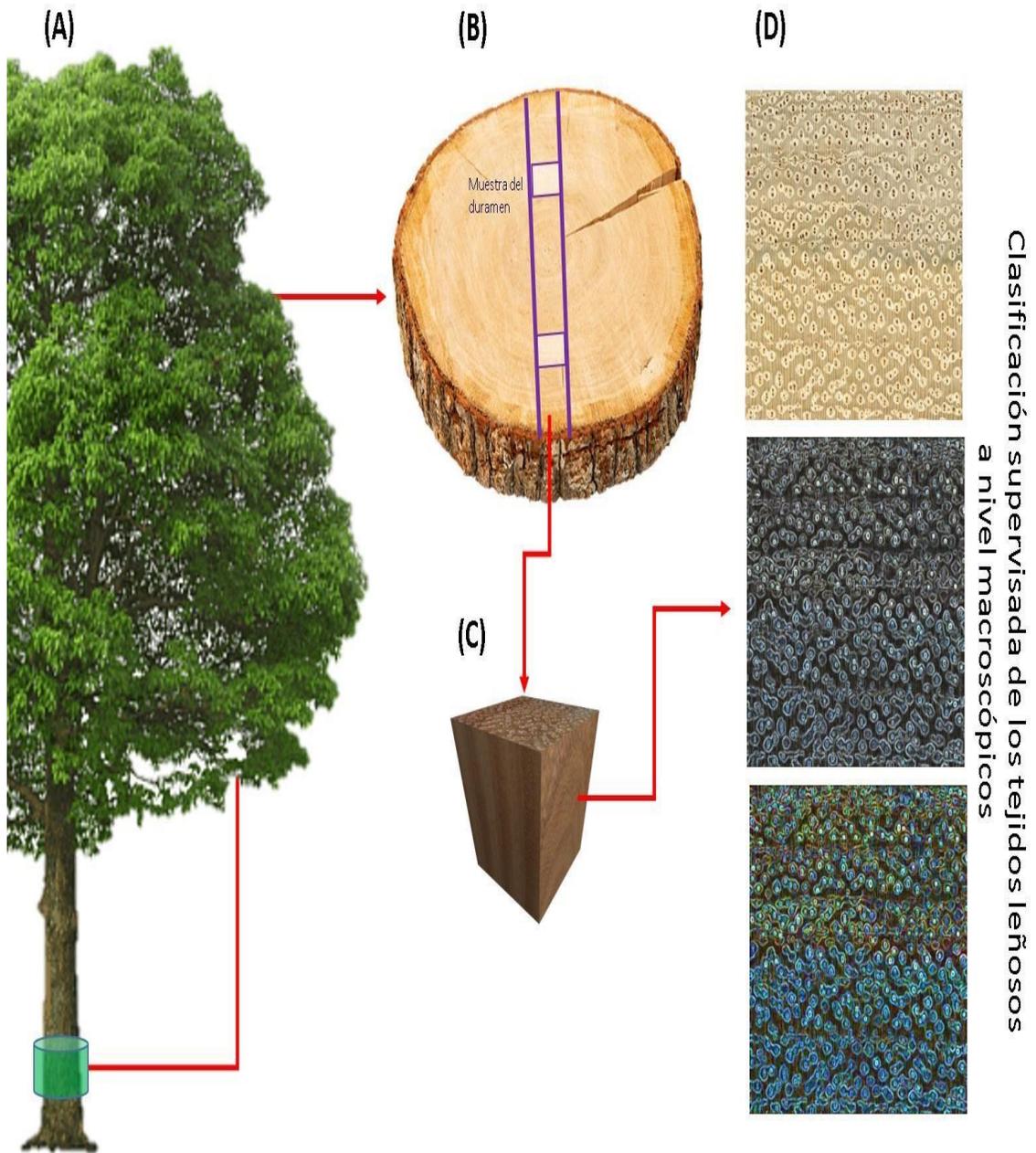


Figura 8. Esquema de la metodología de campo y del análisis de imágenes del para la determinación de los porcentajes de los tejidos xilemáticos. **A)** Árbol y rodaja seleccionadas. **B)** Rodaja y distribución de las muestras. **C)** Cubo de 5x5x5 cm. **D)** Clasificación de la sección transversal.

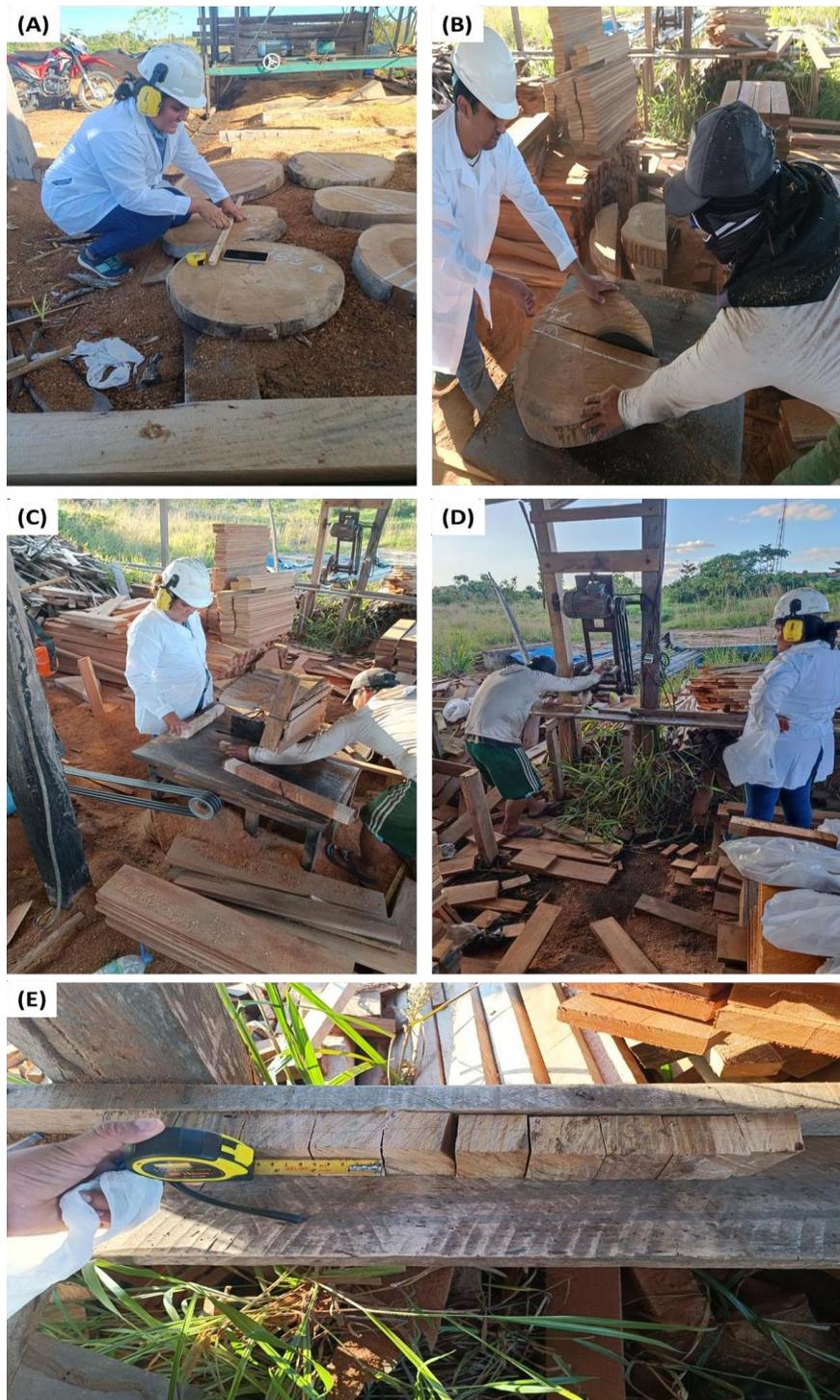


Figura 9. Obtención de las probetas. **(A)** Marcado en la rodaja. **(B)** y **(C)** Corte de la viga. **(D)** Corte de las probetas. **(E)** Probetas obtenidas de corteza a la médula. Fuente: elaboración propia.

Los cubos de 5x5x5 fueron claramente codificados donde mostraron el número de árbol y la posición radial donde fue colectada, posteriormente se seleccionó una sección transversal donde se utilizó el método de lijado y pulido con papel de lija bajo el agua (Barbosa et al. 2021), dado que las muestras lijadas bajo el agua de manera manual y con una secuencia de lijas ascendentes se obtienen resultados excelentes de la superficie lijada (Fig. 10 y 11) y los residuos de madera en el proceso de lijado no llegan a obstruir los vasos de la madera que fueron muy importante en el proceso de análisis posteriores.

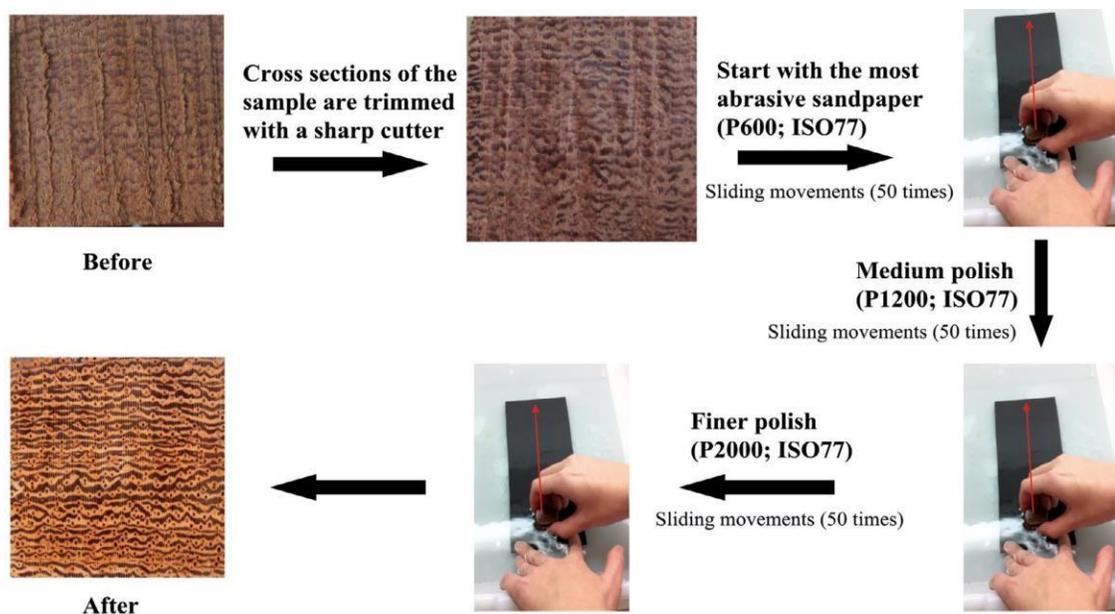


Figura 10. Procedimiento de lijado en agua para las muestras de madera de *A. cearensis*. Fuente: (Barbosa et al. 2021).

Adicionalmente a este proceso se pulió con lijadora vibratoria la sección transversal y limpiada con una compresora de aire.



Figura 11. Lijado de las muestras. **(A)** Materiales utilizados. **(B)** Identificando la sección transversal. **(C)** Lijado y pulido. **(D)** Observando la calidad del lijado y pulido. **(E y F)** Sopleteado de las muestras. Fuente: elaboración propia.

❖ Fase de laboratorio

Anatomía de la madera:

a) Descripción de la madera de las tres especies forestales

Con el propósito de conocer claramente las tres especies que se realizó una descripción de las maderas, para ello se describió las características generales donde se utilizó la rodaja de madera, también se describió las características organolépticas donde se utilizó la rodaja y los cubos de madera y por último se describió la madera a nivel macroscópico, para ello se utilizó los cubos de madera. Todas estas descripciones estuvieron contempladas y basadas en la norma internacional de International Association of Wood Anatomists (IAWA 1989) para especies latifoliadas .

Para estas descripciones de las maderas se utilizó una lupa de 10x, una cuchilla para madera, un microscopio estereoscopio portátil para registrar las imágenes macroscópicas y un escáner de 1200 dpi.

b) Clasificación y porcentajes de los tejidos xilemáticos de las maderas de las tres especies a nivel macroscópico.

Para la clasificación y determinación de los porcentajes de vasos, fibras y parénquima que presenta la sección transversal de las tres especies, a través de imágenes digitalizadas; se utilizará WEKA (Arganda et al. 2017) un entrenamiento de segmentación que distribuye como software de código abierto como parte de la distribución de procesamiento de imágenes de Fiji de ImageJ (Schneider, Rasband y Eliceiri 2012), donde WEKA utilizó una herramienta de aprendizaje automático que aprovecha un número limitado de anotaciones manuales para entrenar un clasificador y segmentar los datos restantes

automáticamente, esto se realizó a través de los píxeles de las imágenes digitalizadas de la sección transversal de las tres especies forestales.

Para ello se utilizó las muestras de maderas (cubos) previamente lijados en agua ya que estas muestras no contienen estructuras taponeadas como los vasos por causa de aserrín u otras impurezas que no ayuden al proceso de clasificación (Fig. 12). Se procesó seleccionando subconjuntos de entrenamiento de vasos, fibras y parénquimas marcando de manera manual y de manera aleatoria, luego se procesará toda la imagen aplicando el modelo de entrenamiento del conjunto de algoritmos. Esto se realizó en las tres especies forestales.



Figura 12. Muestras de maderas de las tres especies estudiadas analizadas por el software ImageJ. Fuente: elaboración propia.

3.5 Tratamientos de los datos

Los datos de los porcentajes de los tejidos anatómicos (vasos, fibras y parénquima) de las maderas procesadas con WEKA fueron realizados con el software RStudio versión 3.1.2. (RStudio Team 2015), para ver las diferencias entre las especies forestales.

Además, se realizó una matriz de correlación del gráfico de mapa de calor entre tejidos macroscópicos. Para visualizar la relación numérica existente entre dos variables, ayudando a identificar patrones realizado también con el Software RStudio versión 3.1.2 (RStudio Team 2015).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación, se presentan los resultados en relación con los objetivos establecidos:

4.1. Anatomía macroscópica de las especies arbóreas: *Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius*, *Hymenaea oblongifolia*.

4.1.1. **Nombre científico:** *Amburana acreana* (Ducke) A.C. Smith

Nombre popular : Ishpingo

Familia botánica : Fabaceae

Caracterización anatómica del leño

Características generales y organolépticas

Madera moderadamente pesada; suave al corte con cuchilla; albura y duramen abruptamente diferenciado (Fig. 13), albura de color crema y duramen de color amarillo; textura media; grano recto; brillo bajo o ausente; áspera al tacto; sabor perceptible; olor agradable a vainilla.

Descripción Macroscópica:

Los anillos de crecimiento son visibles a simple vista, delimitados por zonas fibrosas y escasamente delimitados por parénquima axial de tipo marginal, presenta anillos de crecimientos falsos que por lo general son anillos de crecimientos bien delimitados pero discontinuos alrededor de la rodaja. **Parénquima axial** visible a simple vista abundantes del tipo paratraqueal vasicéntrico, aliforme y confluyente (Fig. 13). **Radios** visibles a simple vista, separados irregularmente, no presenta estratificación en el corte tangencial. **Vasos** visibles a simple vista, mayormente solitarios y múltiples radiales de dos a tres vasos.

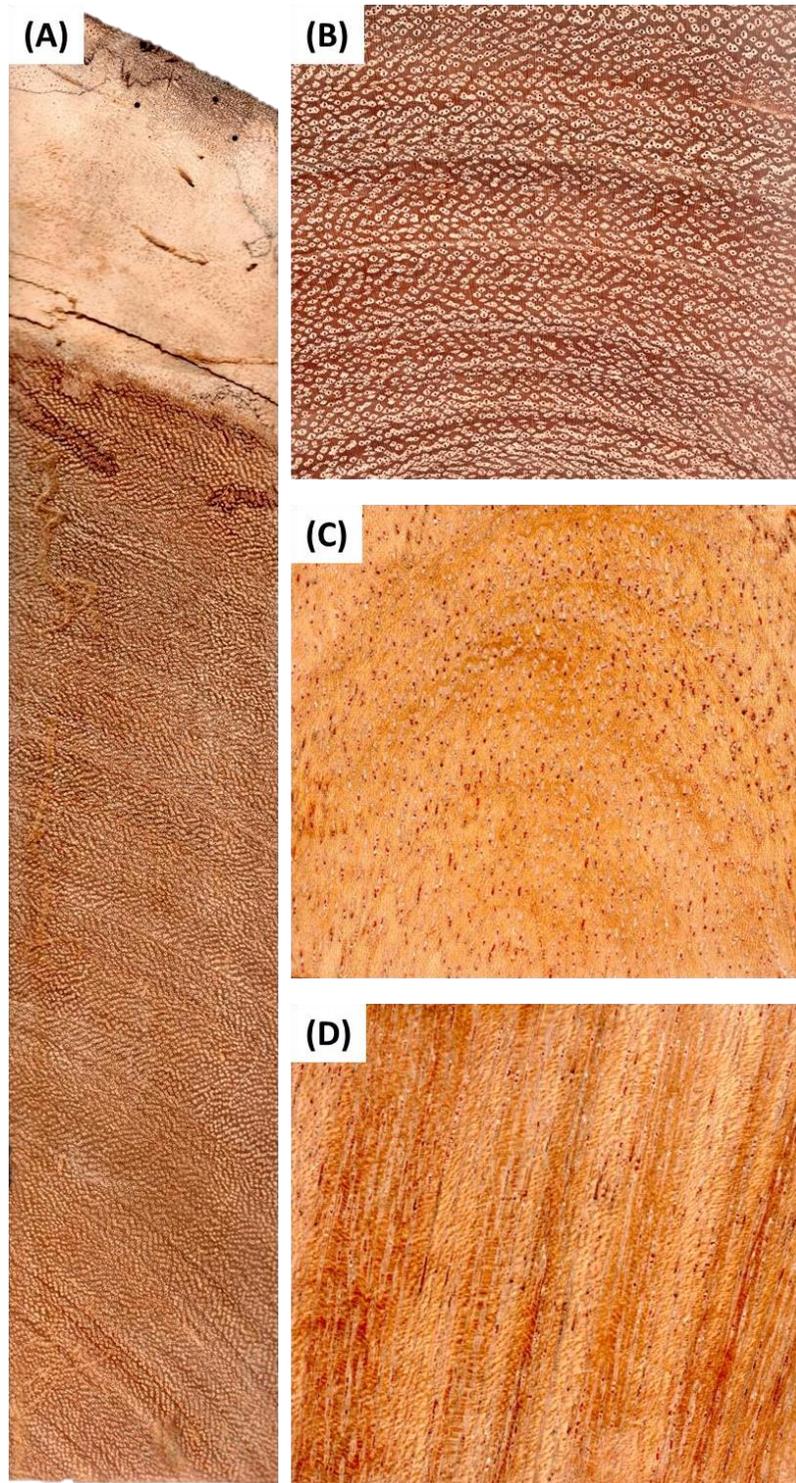


Figura 13. *Amburana acreana*. **(A)** Transición entre albura y duramen. **(B)** Corte Transversal. **(C)** Corte Tangencial. **(D)** Corte Radial. Fuente: elaboración propia.

La información disponible sobre la madera de *A. acreana* es limitada. No obstante, al analizar su descripción general y características macroscópicas, se puede observar una notable coincidencia con la información proporcionada en la literatura científica, como se ha documentado en un estudio de EMBRAPA, 2007. Además, al comparar *A. acreana* con otra especie del mismo género, *Amburana cearensis*, se puede apreciar una similitud en la mayoría de las características macroscópicas generales. No obstante, se nota una diferencia en la cantidad de tejido parénquimático axial presente en *A. acreana* en comparación con *A. cearensis*. Por último, en relación a la presencia de anillos falsos, se observa que coincide con la descripción de *A. cearensis*, como se ha señalado en estudios previos realizados por Borges, 2020; Ferreira et al., 2021; López et al., 2022; Portal, 2010; Santini et al., 2021.

4.1.2. Nombre científico: *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose

Nombre popular : Tahuarí

Familia botánica : Bignoniaceae

Caracterización anatómica del leño

Características generales y organolépticas

Madera muy pesada; dura al corte con cuchilla; albura y duramen abruptamente diferenciado (Fig. 14), albura de color beis y duramen de color marrón oscuro negruzco; textura fina; grano entrecruzado; brillo moderado; liso al tacto; sabor no perceptible; olor distintivo.

Descripción Macroscópica:

Los anillos de crecimiento son visibles con lupa de 10x, delimitados por zonas fibrosas y escasamente delimitados por parénquima axial de tipo marginal, presenta anillos de crecimientos falsos que se asocian al parénquima aliforme confluyente y tienen anillos de crecimiento en cuña que se junan en partes de la rodaja. **Parénquima axial** visible a simple vista del tipo paratraqueal aliforme y confluyente (Fig. 14). **Radios** visibles a simple vista, separados regularmente, presenta estratificación en el corte tangencial. **Vasos** visibles a simple vista, solitarios y múltiples radiales.

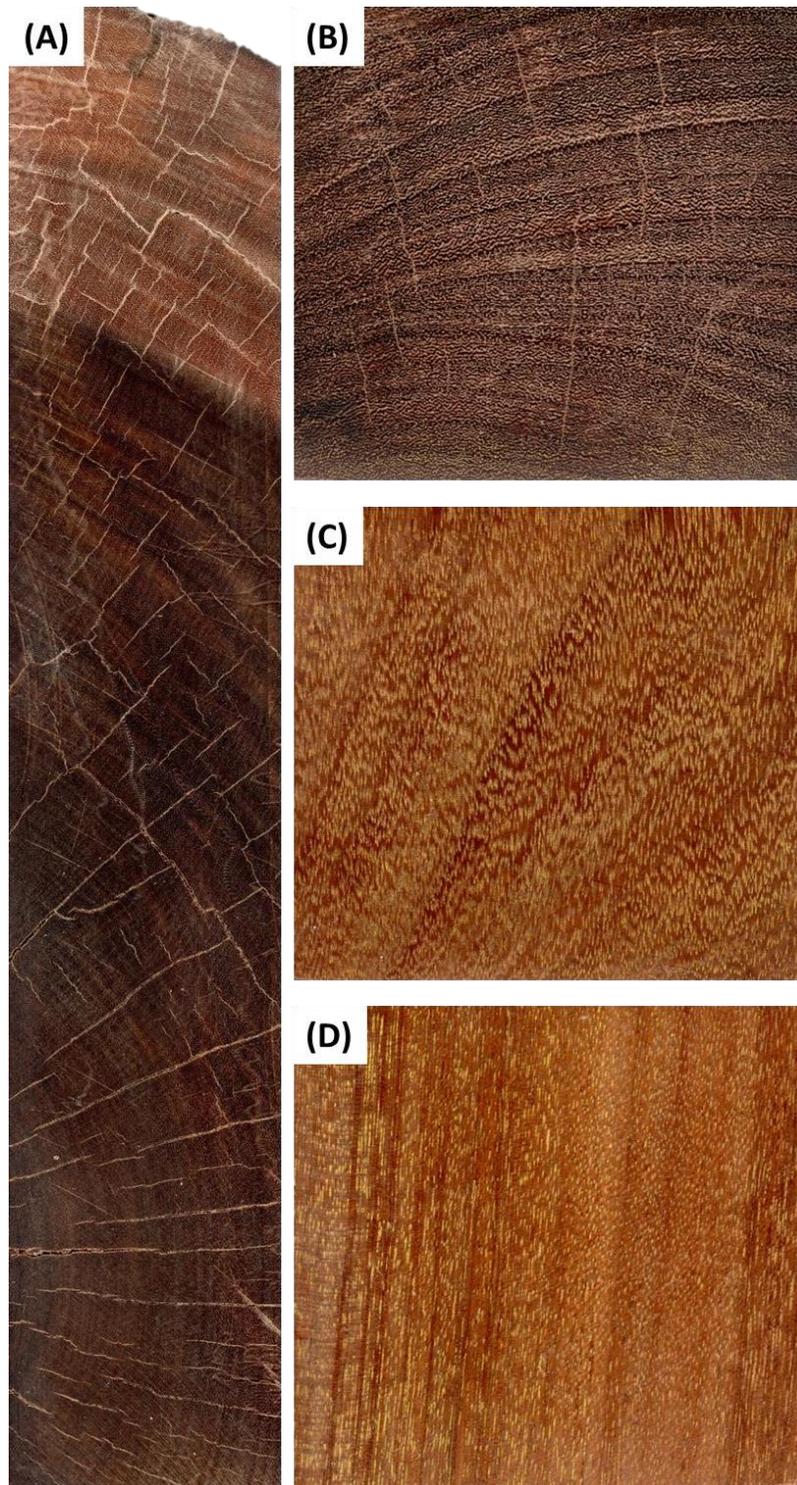


Figura 14. *Handroanthus serratifolius*. **(A)** Transición entre albura y duramen. **(B)** Corte Transversal. **(C)** Corte Tangencial. **(D)** Corte Radial. Fuente: elaboración propia.

Los resultados derivados de la descripción general y macroscópica de la madera de *Handroanthus serratifolius* concuerdan con la información científica disponible, respaldada por investigaciones previas realizadas por Borges, 2020; Portal, 2010; Santini et al., 2021. Además, las especificaciones proporcionadas sobre la delimitación de los anillos de crecimiento y la identificación de anillos de crecimiento falsos en *H. serratifolius* coinciden con lo informado por Aragão et al., 2022.

4.1.3. Nombre científico : *Hymenaea oblongifolia* Huber

Nombre popular : Azucar huayo

Familia botánica : Fabaceae

Caracterización anatómica del leño

Características generales y organolépticas

Madera moderadamente pesada; dura al corte con cuchilla; albura y duramen abruptamente diferenciado (Fig. 15), albura de color beis amarillento y duramen de color rojo oscuro; textura media; grano recto; brillo moderado; liso al tacto; sabor no perceptible; olor distintivo.

Descripción Macroscópica:

Los anillos de crecimiento son visibles a simple vista, delimitados por zonas fibrosas y delimitados por parénquima axial de tipo marginal, presenta anillos de crecimientos falsos que se caracterizan principalmente por la separación o división en dos o más líneas del parénquima marginal. **Parénquima axial** visible a simple vista del tipo paratraqueal aliforme, confluyente y en bandas de tipo marginal (Fig. 15). **Radios** visibles a simple vista, separados irregularmente, no presenta estratificación en el corte tangencial. **Vasos** visibles a simple vista, mayormente solitarios y escasamente múltiples radiales de dos y tres vasos.

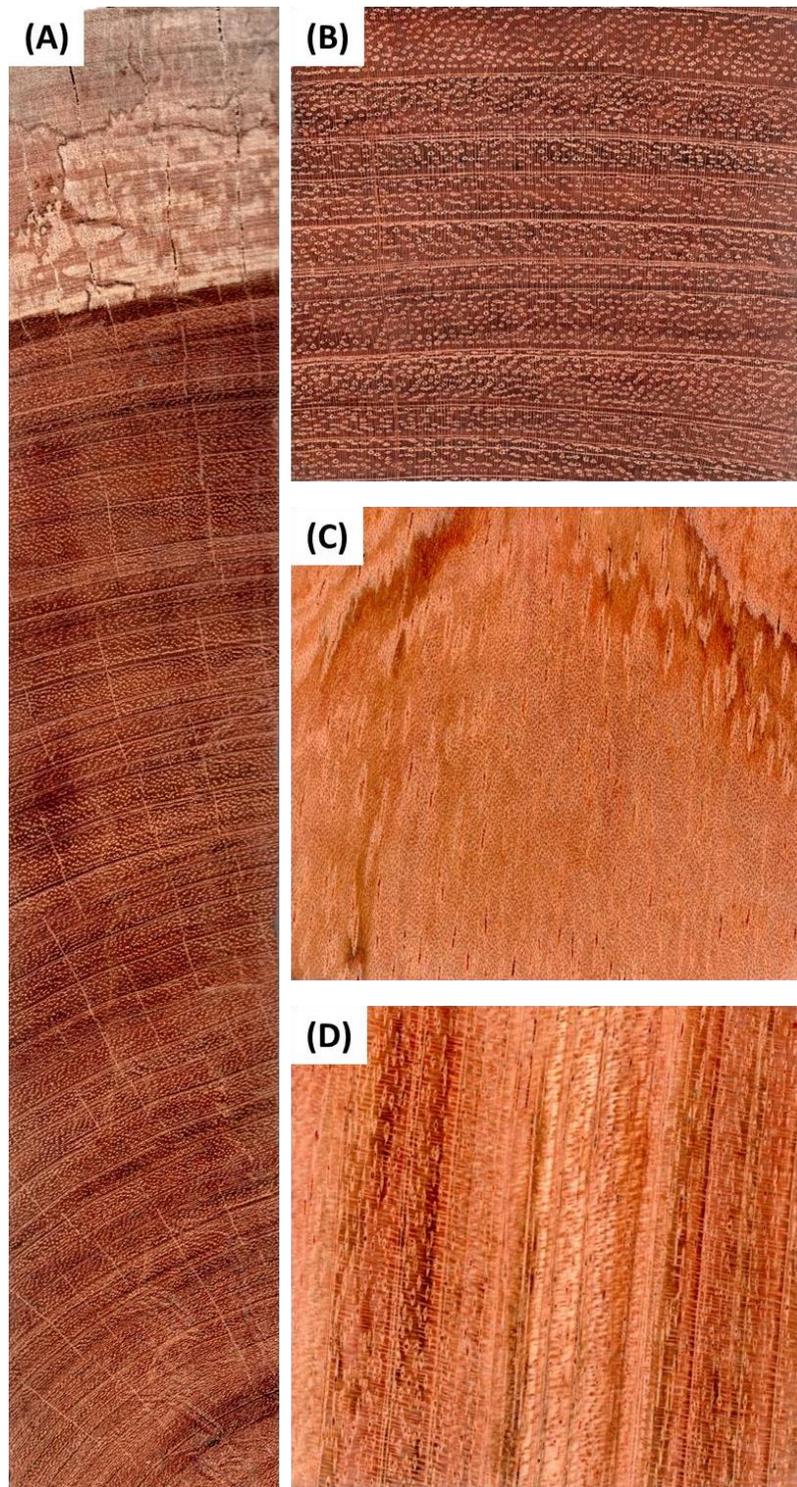


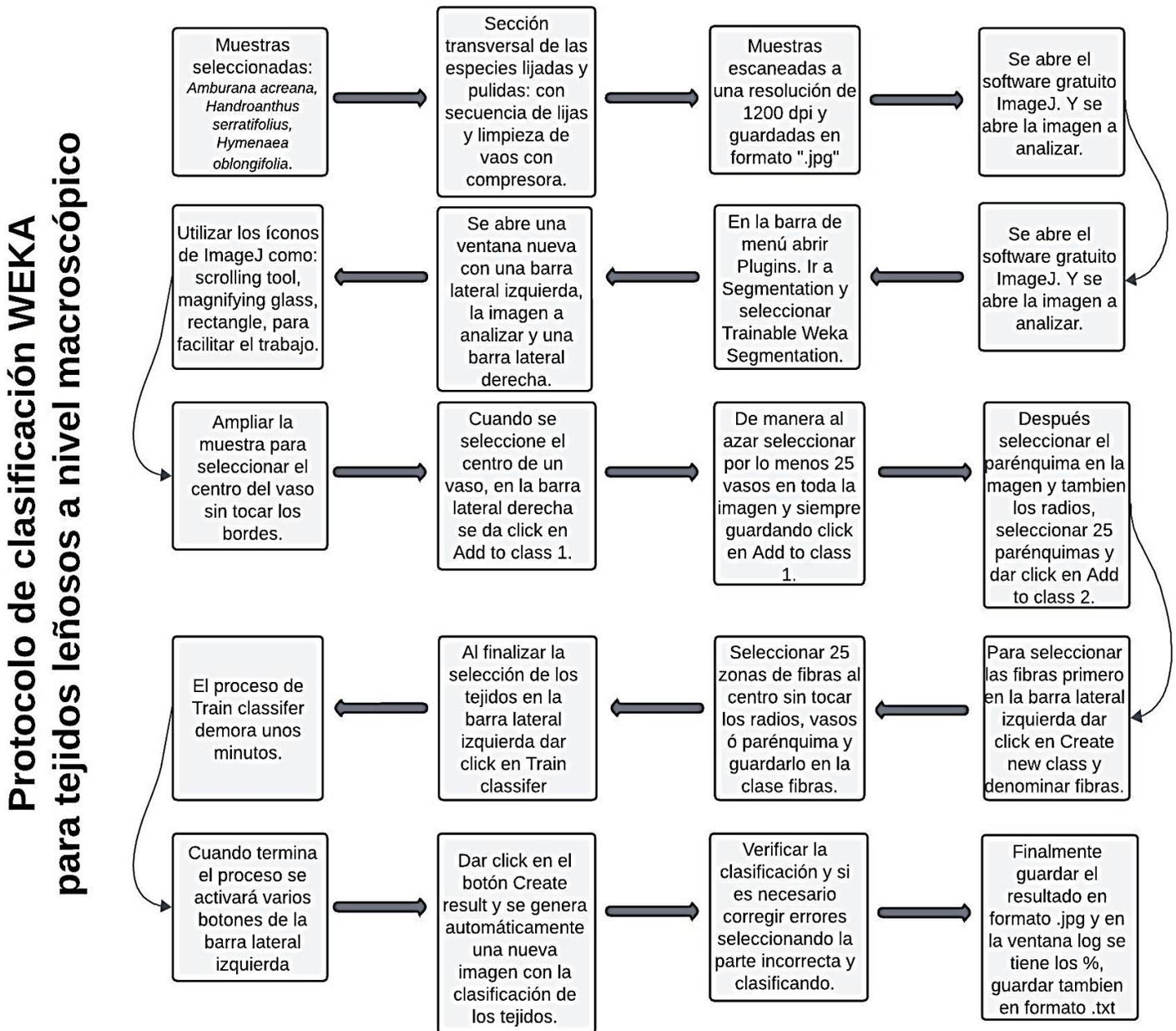
Figura 15. *Hymenaea oblongifolia*. **(A)** Transición entre albura y duramen. **(B)** Corte Transversal. **(C)** Corte Tangencial. **(D)** Corte Radial. Fuente: elaboración propia.

La descripción general y macroscópica de la madera de *Hymenaea oblongifolia* se alinea con la información científica presentada por Portal y Latorraca, 2020, sin embargo, difiere de lo reportado por Serna-Mosquera et al., 2011. Este último menciona la presencia de parénquima axial de tipo vascicéntrico, además de otros tipos identificados en esta investigación.

En lo que respecta a los anillos de crecimiento falsos, la concordancia se encuentra tanto dentro de estudios sobre la misma especie como en investigaciones relacionadas con otras especies del mismo género. Esta coincidencia se ha observado en trabajos previos realizados por Locosselli, 2015; Locosselli et al., 2013; Portal y Latorraca, 2020; Roquette et al., 2023.

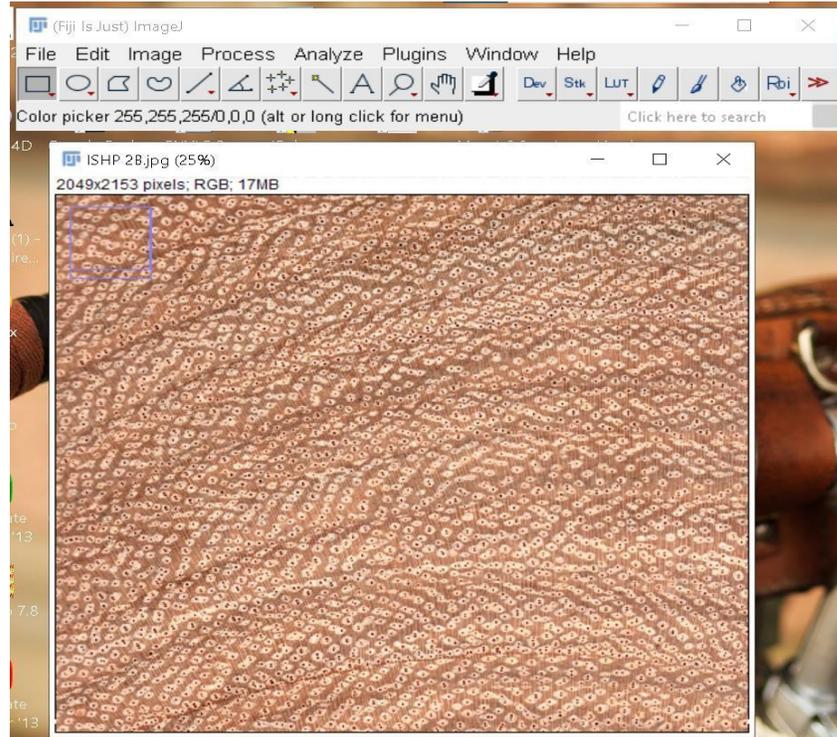
4.2. Protocolo del uso del software Fiji de ImageJ (WEKA) para la determinación de los tejidos leñosos a nivel macroscópico de las especies arbóreas: *Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius*, *Hymenaea oblongifolia*.

A continuación, muestra el protocolo para el uso del software Fiji de ImageJ (Weka).

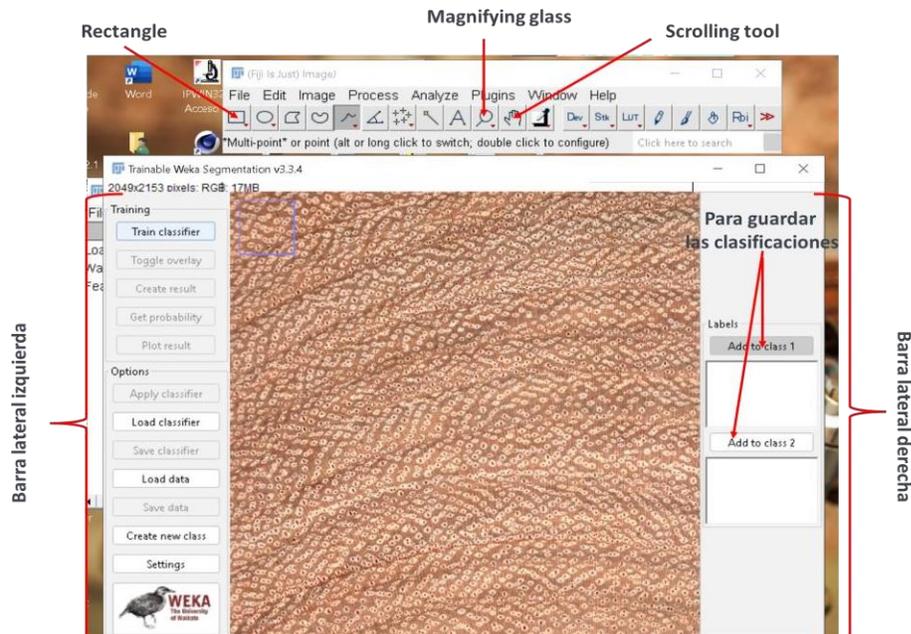


Y este protocolo se complementa con una serie de pasos ilustrativos del proceso que a continuación se muestra:

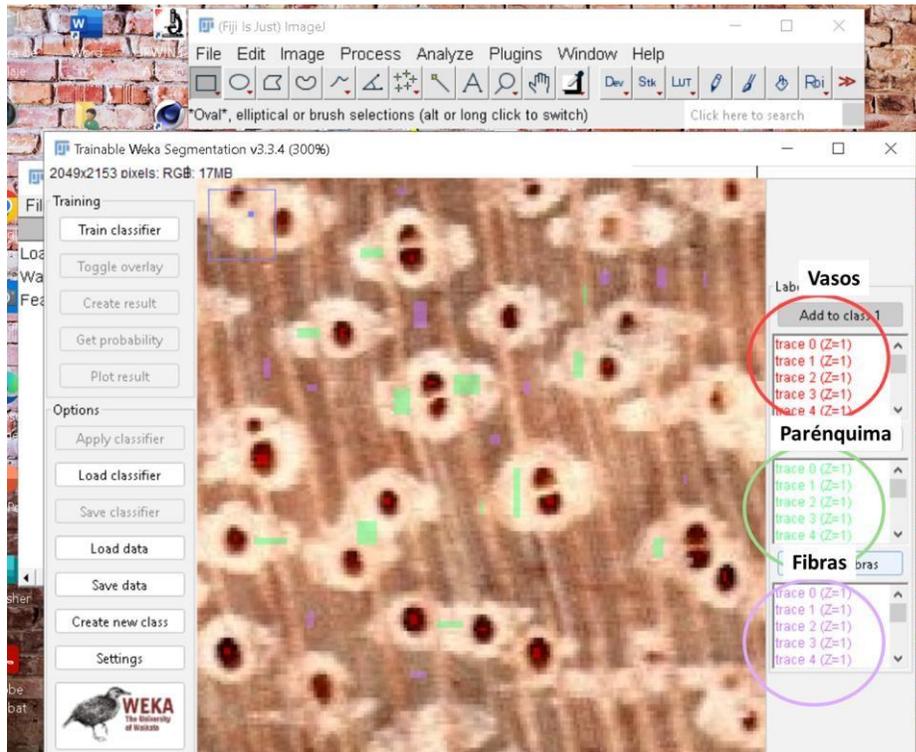
4.2.1. Abriendo el software y la imagen a procesar en ImageJ.



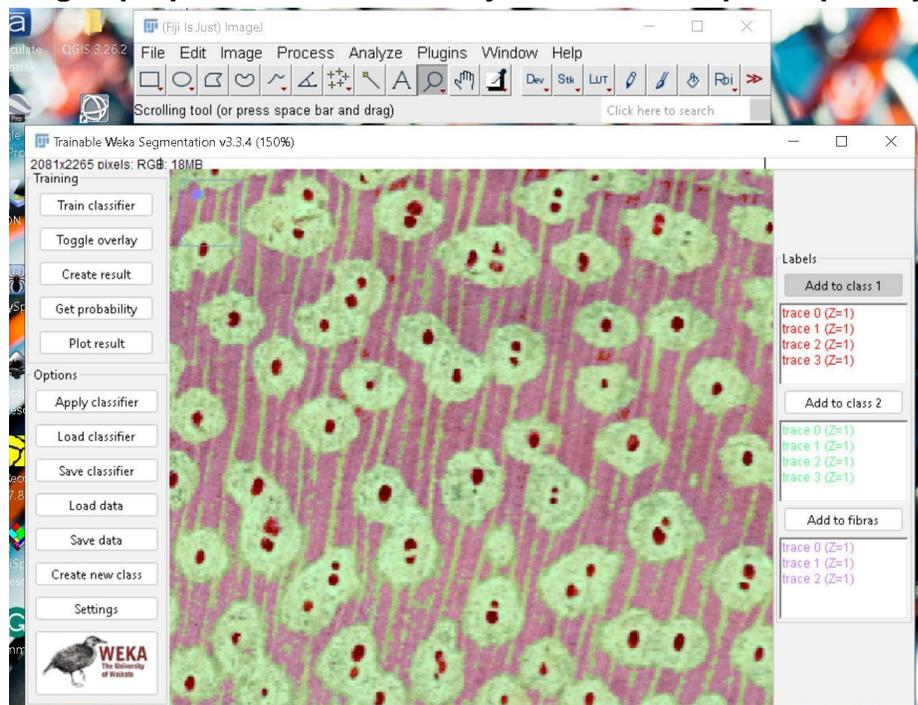
4.2.2. WEKA abierto y listo para procesar la imagen



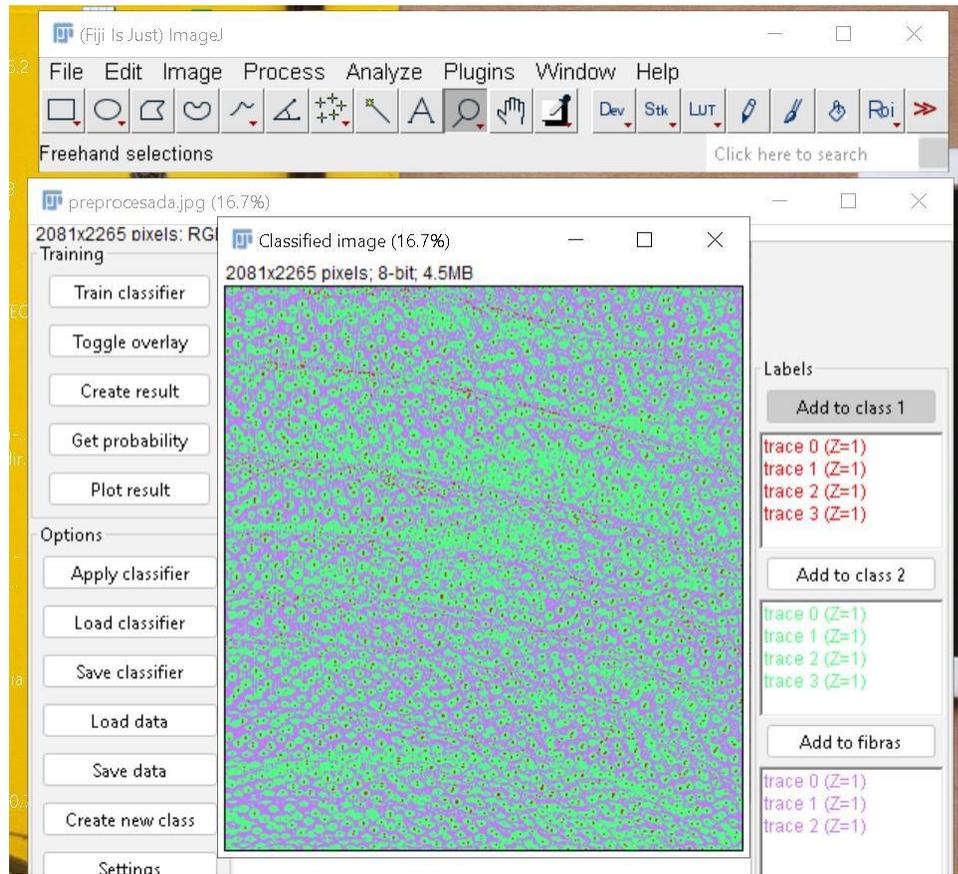
4.2.3. Imagen con vasos, parénquima y fibras seleccionadas



4.2.4. Imagen preprocesada con los tejidos de vasos, parénquima y fibras.



4.2.5. Imagen procesada y final con los tejidos de vasos, parénquima y fibras.



4.2.6. Imagen escaneada, preprocesada y procesada de *Amburana acreana*

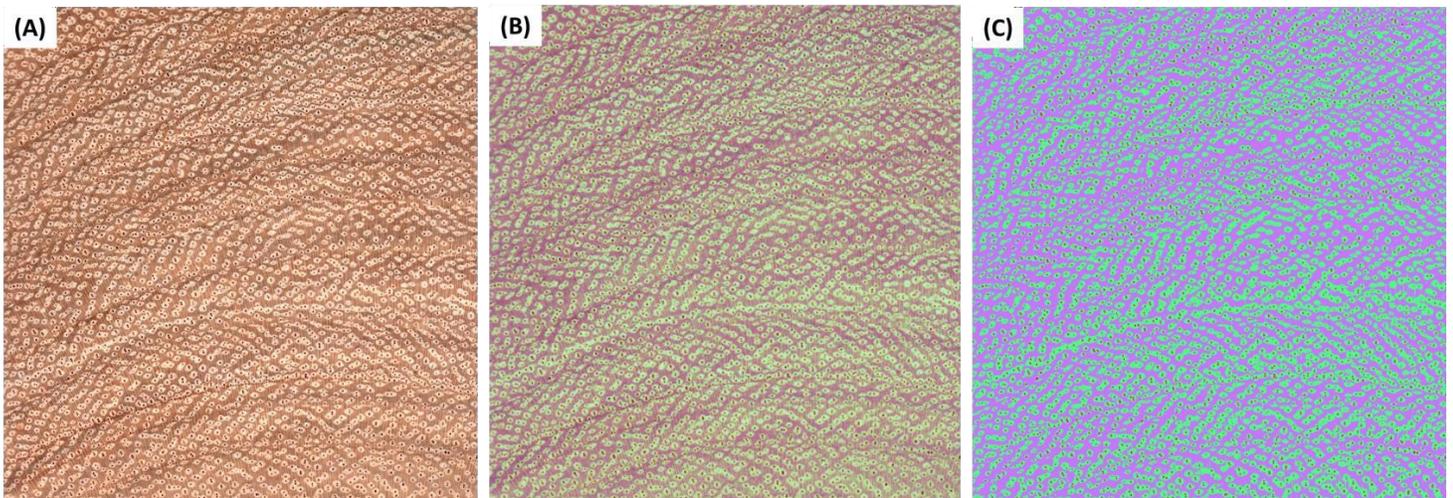


Figura 16: (A) Imagen escaneada. (B) Imagen preprocesada. (C) Imagen procesada. Especie *Amburana acreana*. Fuente: elaboración propia.

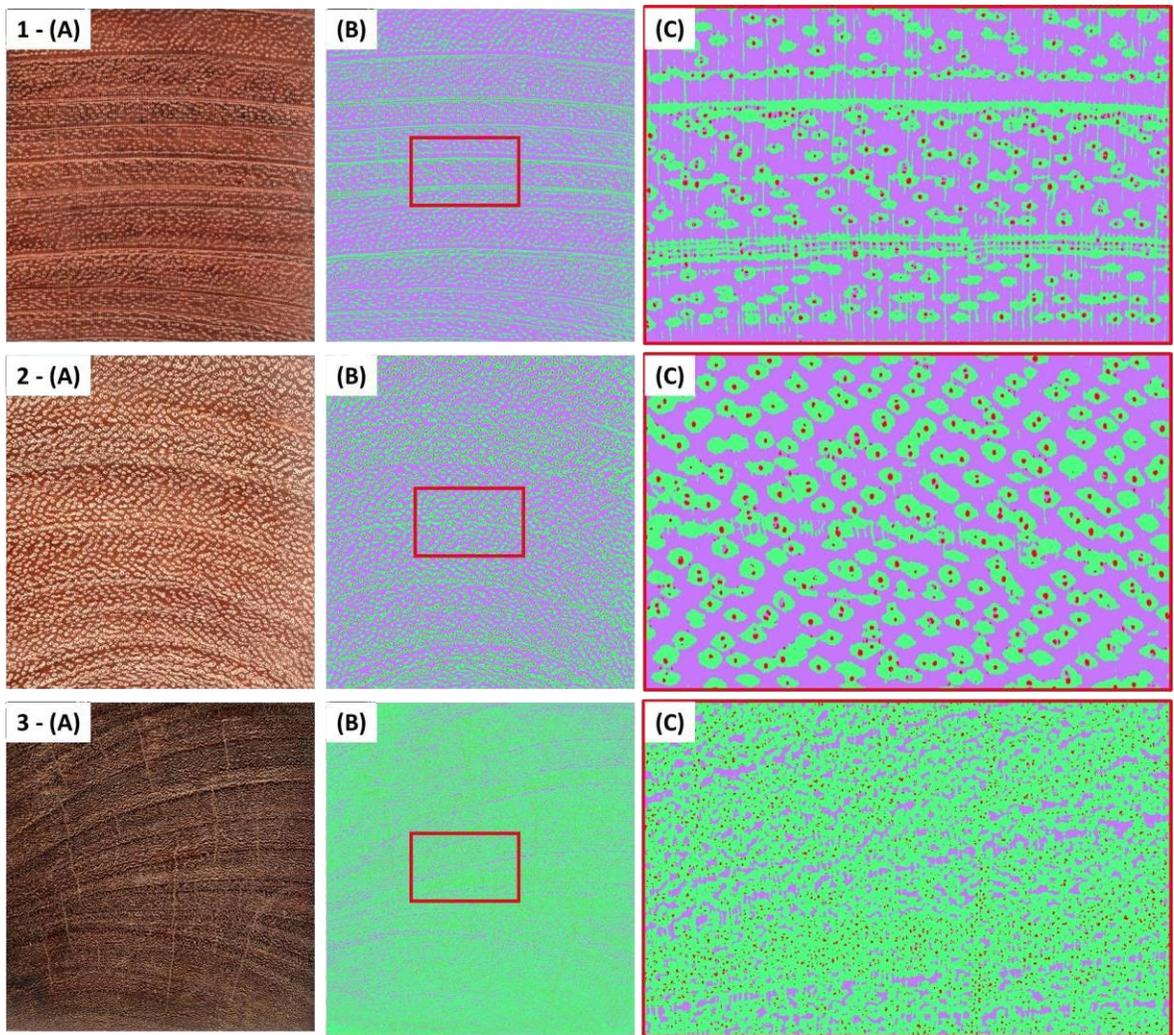


Figura 17. Porcentaje de tejidos por especies a nivel macroscópico. 1) *H. oblongifolia*. 2) *A. acreana*. 3) *H. serratifolius*. (A) Sección transversal macroscópica escaneada. (B) Sección transversal macroscópica clasificada. (C) Sección transversal macroscópica clasificada ampliada. Fuente: elaboración propia.

En la figura 17, se muestra el nivel de clasificación que realiza en software ImageJ/Weka, y el grado de precisión que se tiene en cada una de las especies forestales estudiadas. Para las especies *H. oblongifolia* y *A. acreana* no presataron muchas complicaciones en el proceso de clasificación. Sin embargo,

la especie *H. serratifolius*, presentó muchas complicaciones principalmente en los vasos por presentar textura fina.

En la literatura existen diversos estudios que se han centrado principalmente en el uso de software para la determinación del área de los vasos en anillos de crecimiento, estableciendo conexiones con la cronología de los vasos. Algunos de estos estudios notables incluyen los de Delgado, 2006; Fonti et al., 2010; Giantomasi et al., 2009). Estos trabajos han proporcionado datos altamente precisos y valiosos en este contexto.

Además, se ha empleado software con el propósito de automatizar la medición del área de los vasos utilizando imágenes microscópicas, y se ha relacionado esta información con la conducción hidráulica y el déficit hídrico. Ejemplos relevantes de esto se encuentran en los estudios de Rodríguez-Ramírez et al., 2022 y Yadav et al., 2019.

A pesar de estos avances, es importante destacar que hasta la fecha no se ha explorado previamente la aplicación de software para determinar el porcentaje de tejidos de vasos, fibras y parénquima a nivel macroscópico. Este enfoque puede ofrecer una perspectiva valiosa en la comprensión de la anatomía de la madera y su relación con diversos aspectos funcionales de la planta.

4.2.7. Problemas que se pueden presentar en el proceso de clasificación de los tejidos leñosos a nivel macroscópico mediante el software InageJ/Weka.

El mayor problema detectado en el proceso de clasificación de los tejidos leñosos a nivel macroscópico a través del software ImageJ/Weka es el correcto lijado y pulido de las muestras, como se observa en la Figura 18 (C), los vasos están taponeados por residuos de madera, siendo además la especie textura fina, se hace complejo clasificar correctamente. Al respecto es posible realizar en futuras investigaciones la corrección de los vasos taponeados con residuos mediante el mismo software ImageJ, colocando un color negro por ejemplo a los vasos obstruido o taponeados, con el criterio de no modificar el área de estos vasos.

Otro problema detectado en el proceso de clasificación se genera cuando la muestra a clasificar presenta grietas Figura 18 (A y B), ya que estas grietas se clasifican en función al color de los pixeles de las grietas y como consecuencia va sobreestimar los porcentajes de algún tejido en la madera.

Otro problema detectado en el proceso de clasificación de tejidos leñosos, es que la muestra cuente con albura y duramen como en la figura XX (B), esto puede ocasionar problemas cuando la albura y el duramen son abruptamente diferenciados.

Otros aspectos a tener en cuenta es que cuando la madera a clasificar cuente con parénquima axial escaso o poco abundante es posible utilizar o auxiliarse mediante los radios, que es parénquima radial y por lo tanto del mismo color del parénquima axial.

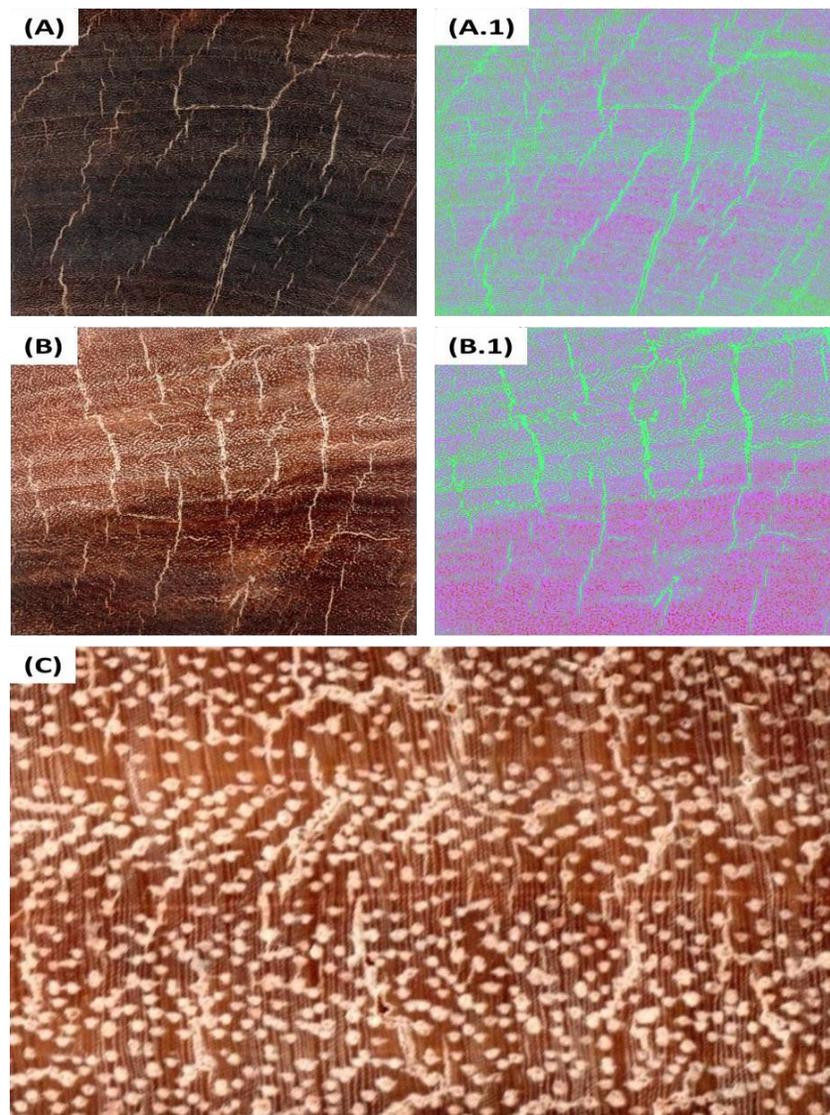


Figura 18. Especie *H. serratifolius*. Imagen A, B y C) Secciones transversales macroscópicas. A-1 y B-1) Son imágenes clasificadas. A y A-1) Se observa grietas. B y B-1) Se observa la transición abrupta entre la albura y el duramen. Fuente: elaboración propia.

4.4. Porcentajes de vasos, fibras y parénquima a nivel macroscópico de las especies arbóreas: *Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius*, *Hymenaea oblongifolia*.

A continuación, se muestra la Tabla 3, donde se muestran los porcentajes de los tejidos a nivel macroscópico:

Tabla 3. Porcentaje de vasos, parénquima y fibras a nivel macroscópico de las tres especies estudiadas.

Especie	Tejidos	Arbol						Estadísticos		
		1		2		3		\bar{X}	σ	C.V (%)
<i>Hymenaea oblongifolia</i>	Código	AZH 1-A	AZH 1-B	AZH 2-A	AZH 2-B	AZH 3-A	AZH 3-B			
	Vasos	8.2	3.3	3.3	3.3	7.8	5.1	5	2	45
	Parénquima	15.9	22	23	22.7	35.7	23.1	24	6	27
	Fibras	75.9	74.7	73.7	74	56.5	71.8	71	7	10
<i>Amburana acreana</i>	Código	ISHP 1-A	ISHP 1-B	ISHP 2-A	ISHP 2-B	ISHP 3-A	ISHP 3-B			
	Vasos	2.1	8.5	6.5	6.4	5.3	6.5	6	2	36
	Parénquima	53.6	56.2	36.6	47.1	29.9	40.4	44	10	23
	Fibras	44.3	35.3	56.9	46.5	64.8	53.1	50	10	21
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Código	TAH 1-A	TAH 1-B	TAH 2-A	TAH 2-B	TAH 3-A	TAH 3-B			
	Vasos	9.6	9.6	8.5	8.1	17.8	5.6	10	4	42
	Parénquima	51.4	51.4	61.9	53.6	55.8	62.1	56	5	9
	Fibras	39	39	29.6	38.3	26.4	32.3	34	5	16

Los datos estadísticos son \bar{X} = promedio, σ = desviación estándar, C.V = coeficiente de variación. Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que los porcentajes de vasos, parénquima y fibras son diferentes entre los árboles de la misma especie (intraespecíficas) y entre las especies (interespecíficas), como se observa en la Tabla 03. De manera gráfica ponemos observar estas variaciones intraespecíficas en la Figura 19. Además, se muestra gráficamente las variaciones interespecíficas en la Figura 19.

Por otra parte, las variaciones de los tejidos a nivel macroscópico para la especie *H. oblongifolia* en los vasos variaron de 3.3 a 8.2 %, el parénquima de 15.9 a 35.7 % y las fibras de 56.5 a 75.9 %; se observó que para la especie *H. oblongifolia* el mayor porcentaje de tejidos fue las fibras con un 71%. Para el caso de la especie *A. acreana* los vasos variaron de 2.1 a 8.5 %, el parénquima de 29.9 a 56.2% y las fibras de 35.3 a 64.8 % se observó que para la especie *A.*

acreana el mayor porcentaje de tejidos fue las fibras con un 50%; finalmente para la especie *H. serratifolius* los vasos variaron de 5.6 a 17.8 %, el parénquima de 51.4 a 62.1% y las fibras de 26.4 a 39 % se observó que para la especie *H. serratifolius* el mayor porcentaje de tejidos fue las fibras con un 56%, aclarando en este caso que la clasificación tuvo inconvenientes para esta especie.

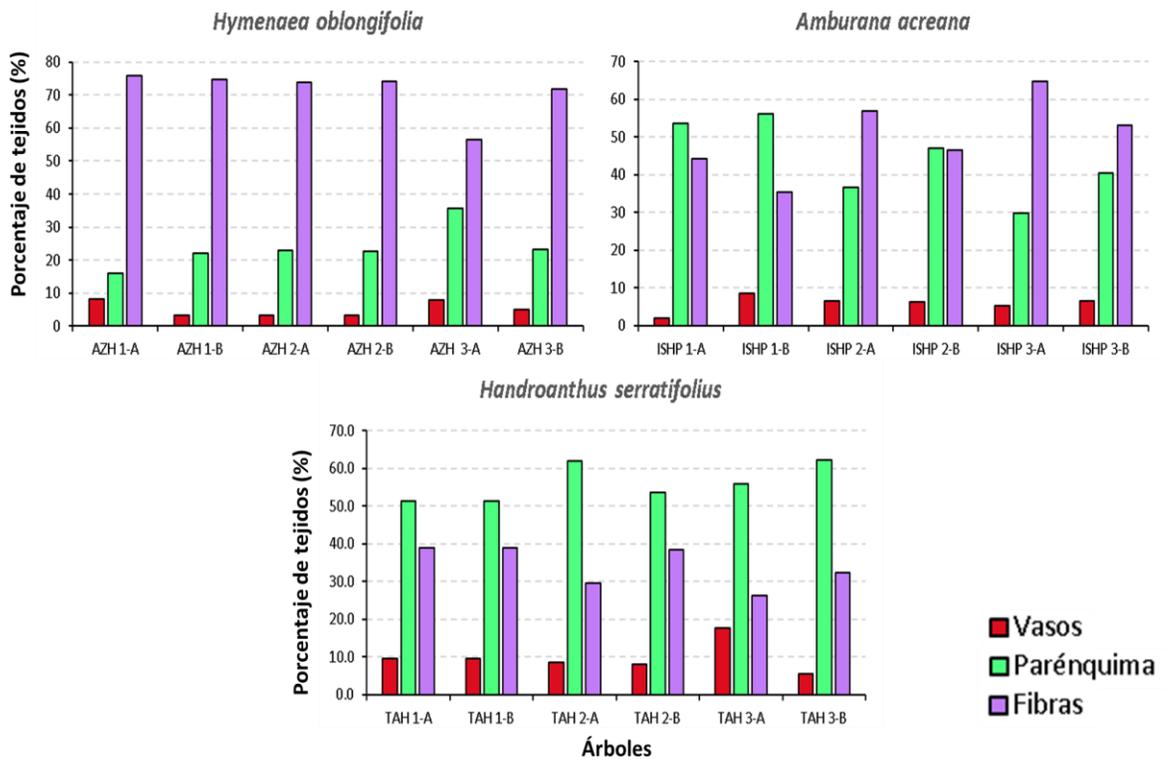


Figura 19. Porcentaje de vasos, parénquima y fibras a nivel macroscópico a nivel intraespecífica de las tres especies estudiadas. Fuente: elaboración propia.

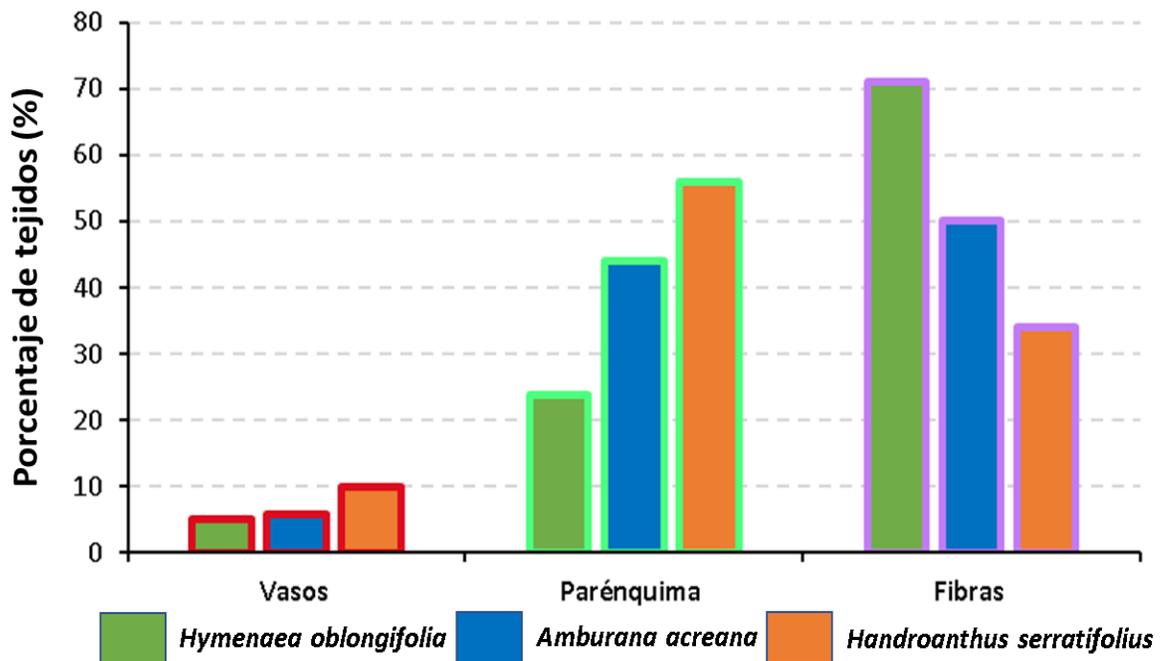


Figura 20. Porcentaje de vasos, parénquima y fibras a nivel macroscópico a nivel interespecífica de las tres especies estudiadas. Fuente: elaboración propia.

En función a la Figura 20, podemos observar que las tres especies estudiadas, presentan de manera general diferencias en sus porcentajes de tejidos a nivel macroscópico, esto puede ayudar en futuros estudios asociados con otras características tecnológicas para un apoyo adicional al proceso de identificación de las maderas tropicales. A nivel de especies se puede observar el menor porcentaje de vasos y parénquima lo tiene la especie *H. oblongifolia* y el mayor porcentaje lo tiene *H. serratifolius*, respecto a las fibras se observa que el menor porcentaje de fibras lo tiene la especie *H. serratifolius* y el mayor porcentaje lo tiene *H. oblongifolia*.

En un estudio llevado a cabo en Venezuela, donde se investigó la anatomía cuantitativa de la madera utilizando tecnología de información geográfica (Barrios, León y Pacheco 2016), se analizó a nivel microscópico la especie *Hymenaea courbaril*. Sin embargo, se observa una discrepancia significativa en los datos de porcentaje cuando se comparan con los datos de *H.*

oblongifolia. Esto se debe a que, en el caso de *H. courbaril*, se encontró una proporción prácticamente similar entre fibras y tejido parenquimático.

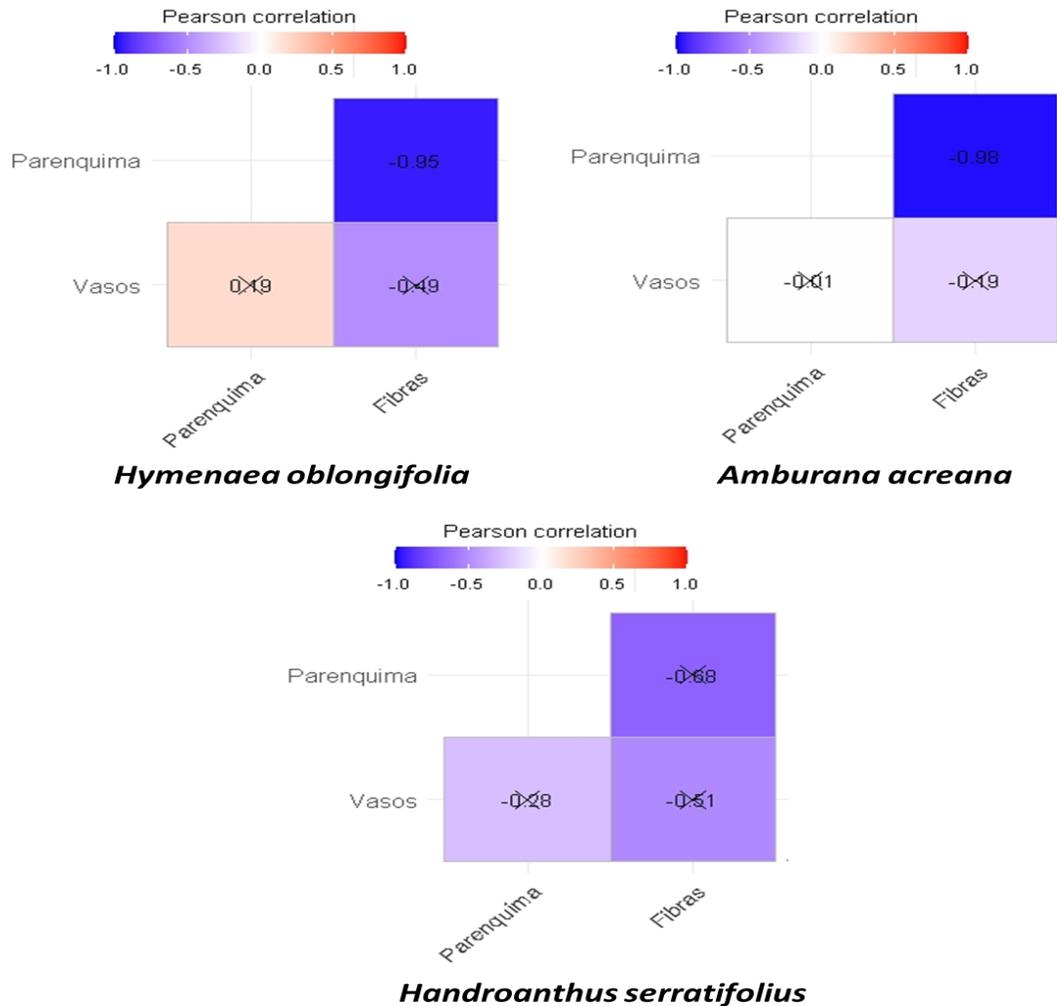


Figura 21. Matriz de correlación del gráfico de mapa de calor, entre los vasos, parénquima y fibras de las tres especies forestales estudiadas. La cruz indica un coeficiente de correlación no significativa ($p > 0.05$).

De la Figura 21, podemos observar para las especies *H. oblongifolia* y *A. acreana* que existe una correlación significativa negativa entre el tejido parenquimático y las fibras, esto indica que, en general, cuando la cantidad o la densidad del tejido parenquimático aumenta en estas especies, la cantidad o la densidad de fibras tiende a disminuir, o viceversa. En otras palabras, existe una

relación inversa entre estos el tejido parenquimático y las fibras de estas dos especies.

El tipo de correlaciones que observamos entre los porcentajes de tejidos a nivel macroscópico puede proporcionarnos valiosas inferencias sobre diversas características tecnológicas de la madera, tales como su resistencia mecánica, densidad, calidad, durabilidad, procesabilidad, entre otros; que se pueden corroborar con estudios complementarios.

En un estudio realizado en Australia, que abarcó 69 especies de angiospermas y utilizó madera de ramas como material de análisis, se encontró que los rasgos del parénquima y los vasos estaban débilmente relacionados o no presentaban relación alguna, tanto a lo largo de todas las especies estudiadas como dentro de los sitios específicos Ziemińska et al., 2015. Esta relación, o más bien la falta de ella, entre el tejido parenquimático y las fibras coincide con los resultados obtenidos en nuestra investigación actual, donde las tres especies estudiadas, *H. oblongifolia*, *A. acreana* y *H. serratifolius*, no mostraron una correlación significativa en estos aspectos.

V. CONCLUSIÓN

- Se describieron *Amburana acreana*, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenaea oblongifolia*. Se encontraron similitudes y diferencias con literatura científica previa y entre especies relacionadas, destacando características como anillos de crecimiento y parénquima axial.
- Se detalló el proceso de determinación de tejidos leñosos con el software. Se presentaron pasos ilustrativos y se discutió la innovación en este enfoque para entender la anatomía de la madera.
- Se determinó los porcentajes de vasos, parénquima y fibras para cada especie. Hubo variaciones intra e interespecíficas, revelando diferencias significativas. Estas diferencias pueden ser útiles para futuros estudios tecnológicos sobre maderas tropicales.

VI. RECOMENDACIONES

- De los resultados y conclusiones, del presente estudio en las referencias bibliográficas, como se puede observar en respecto a la especie *A. acreana* se tiene poca información puesto que no hay muchos estudios de anatomía ni de propiedades físicas y por ello es necesario su estudio.
- En cuanto a la clasificación de las muestras, se debe tomar en cuenta las mejores, sin ninguna rajadura; porque podría alterar los resultados.
- No tomar muestra de probeta en transición de duramen y albura porque al ser diferentes podría alterar los resultados.
- Usar separadores es necesario, porque permite el secado de la rodaja de manera uniforme.
- Toma en cuenta rodajas cortadas de árboles cortados recientes, porque tienen que tener un secado casi exacto y es mas a madera más dura menos tiempo de secado para evitar rajaduras.
- Sopletear las muestras de manera constante al lijar es muy necesario, porque con ello los vasos quedan libres y la muestra queda limpia para procesar.
- Es necesario que se entienda que el software image.J (WEKA) es una herramienta muy práctica y de fácil uso; como tal los resultados de los estudios proporcionaron detalles anatómicos, en lo cual establecieron un protocolo novedoso usando software para análisis macroscópico y destacaron variaciones en la composición de tejidos, ofreciendo perspectivas valiosas para aplicaciones tecnológicas y futuras investigaciones en el campo de la anatomía de la madera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, M. y KIKATA, Y., 1994. *Atlas de Maderas del Perú*. I. Japón: UNALM – Universidad de Nagoya. vol. I.
- ALDERETE, P., 2018. “Variación radial de las propiedades físicas de la especie *Hymenaea courbaril* L., en el Consolidado Maderacre - Tahuamanu” [en línea]. Tesis de grado. S.I.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en: <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/389/004-2-3-084.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- ANDRADE, V., MACHADO, S., FIGUEIREDO, A., BOTOSSO, P., MIRANDA, B. y SCHÖNGART, J., 2019. Growth models for two commercial tree species in upland forests of the Southern Brazilian Amazon. En: container-title: Forest Ecology and Management, *Forest Ecology and Management*, vol. 438, ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2019.02.030.
- ARAGÃO, J., GROENENDIJK, P. y LISI, C.S., 2019. Dendrochronological potential of four neotropical dry-forest tree species: Climate-growth correlations in northeast Brazil. En: container-title: Dendrochronologia, *Dendrochronologia*, vol. 53, ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2018.10.011.
- ARAGÃO, J.R.V., ZUIDEMA, P.A. y GROENENDIJK, P., 2022. Climate-growth relations of congeneric tree species vary across a tropical vegetation gradient in Brazil. *Dendrochronologia*, vol. 71, ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2021.125913.
- ARGANDA, I., KAYNIG, V., RUEDEN, C., ELICEIRI, K., SCHINDELIN, J., CARDONA, A. y SEUNG, S., 2017. Trainable Weka Segmentation: a machine learning tool for microscopy pixel classification. En: R. MURPHY (ed.), *Bioinformatics*, vol. 33, no. 15, ISSN 1367-4803, 1460-2059. DOI 10.1093/bioinformatics/btx180.
- ARGANDA-CARRERAS, I., KAYNIG, V., RUEDEN, C., ELICEIRI, K.W., SCHINDELIN, J., CARDONA, A. y SEBASTIAN SEUNG, H., 2017. Trainable Weka Segmentation: a machine learning tool for microscopy pixel classification. En: R. MURPHY (ed.), *Bioinformatics*, vol. 33, no. 15, ISSN 1367-4803, 1460-2059. DOI 10.1093/bioinformatics/btx180.
- BARBOSA, A.C.F., GEROLAMO, C.S., LIMA, A.C., ANGYALOSSY, V. y PACE, M.R., 2021. Polishing entire stems and roots using sandpaper under water: An alternative method for macroscopic analyses. *Applications in Plant Sciences*, vol. 9, no. 5, ISSN 2168-0450, 2168-0450. DOI 10.1002/aps3.11421.
- BARRIOS, N., LEÓN, W. y PACHECO, C., 2016. Determinación de características anatómicas cuantitativas de la madera mediante tecnologías de información geográfica. *Revista Pittieria*, ISSN 0554-211.

- BORGES, S., 2020. *Identificação macroscópica de madeiras comerciais do estado de São Paulo*. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, Instituto Florestal. São Paulo - Brasil: s.n. ISBN ISBN: 978-85-64808-20-1.
- CAMPELO, F., NABAIS, C., GUTIÉRREZ, E., FREITAS, H. y GARCÍA-GONZÁLEZ, I., 2010. Vessel features of *Quercus ilex* L. growing under Mediterranean climate have a better climatic signal than tree-ring width. *Trees*, vol. 24, no. 3, ISSN 0931-1890, 1432-2285. DOI 10.1007/s00468-010-0414-0.
- CITEMADERA, 2008. *32 ESPECIES FORESTALES*. Segunda. Lima - Perú: Confederación Peruana de la Madera. vol. Tomo II.
- DE MIL, T., TARELKIN, Y., HAHN, S., HUBAU, W., DEKLERCK, V., DEBEIR, O., VAN ACKER, J., DE CANNIÈRE, C., BEECKMAN, H. y VAN DEN BULCKE, J., 2018. Wood Density Profiles and Their Corresponding Tissue Fractions in Tropical Angiosperm Trees. *Forests*, vol. 9, no. 12, ISSN 1999-4907. DOI 10.3390/f9120763.
- DELGADO, S., 2006. Variabilidad interanual de los caracteres anatómicos en el leño de *Cedrela lilloi* en el noroeste de Argentina. , no. 59-82,
- EMBRAPA, 2007. *Circular técnica 134* [en línea]. Paraná-Brasil: s.n. ISBN 1517-5278. Disponible en: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/42346/1/Circular134.pdf>.
- FERREIRA, C.A., INGA, J.G., VIDAL, O.D., GOYTENDIA, W.E., MOYA, S.M., CENTENO, T.B., VÉLEZ, A., GAMARRA, D. y TOMAZELLO-FILHO, M., 2021. Identification of Tree Species from the Peruvian Tropical Amazon “Selva Central” Forests According to Wood Anatomy. ,
- FONTI, P. y GARCÍA-GONZÁLEZ, I., 2004. Suitability of chestnut earlywood vessel chronologies for ecological studies. *New Phytologist*, vol. 163, no. 1, ISSN 0028-646X, 1469-8137. DOI 10.1111/j.1469-8137.2004.01089.x.
- FONTI, P., VON ARX, G., GARCÍA-GONZÁLEZ, I., EILMANN, B., SASS-KLAASSEN, U., GÄRTNER, H. y ECKSTEIN, D., 2010. Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. *New Phytologist*, vol. 185, no. 1, ISSN 0028-646X, 1469-8137. DOI 10.1111/j.1469-8137.2009.03030.x.
- GARCÍA, L., GUINDEO, A., PERAZA, C. y DE PALACIOS, P., 2003. *La madera y su anatomía*. Mundi-Prensa. Madrid - España: s.n. ISBN 84-8476-153-3.
- GARCIA-GONZALEZ, I. y FONTI, P., 2006. Selecting earlywood vessels to maximize their environmental signal. *Tree Physiology*, vol. 26, no. 10, ISSN 0829-318X, 1758-4469. DOI 10.1093/treephys/26.10.1289.
- GBIF.ORG, 2023. Mapa de distribución de especies. [en línea]. [consulta: 30 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.gbif.org/null>.

- GIANTOMASI, M.A., JUÑENT, F.A.R., VILLAGRA, P.E. y SRUR, A.M., 2009. Annual variation and influence of climate on the ring width and wood hydrosystem of *Prosopis flexuosa* DC trees using image analysis. *Trees*, vol. 23, no. 1, ISSN 0931-1890, 1432-2285. DOI 10.1007/s00468-008-0260-5.
- HWANG, S.-W. y SUGIYAMA, J., 2021. Computer vision-based wood identification and its expansion and contribution potentials in wood science: A review. *Plant Methods*, vol. 17, no. 1, ISSN 1746-4811. DOI 10.1186/s13007-021-00746-1.
- IAWA, 1989. *COMMITTEE. List of microscopic features of hardwood identification*. Netherlands: IAWA Buletinl. vol. 3.
- KITIN, P., HERMANSON, J.C., ABE, H., NAKABA, S. y FUNADA, R., 2021. Light microscopy of wood using sanded surface instead of slides. *IAWA Journal*, vol. 42, no. 3, ISSN 0928-1541, 2294-1932. DOI 10.1163/22941932-bja10061.
- LEITE, E.J., 2005. State-of-knowledge on *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A.C. Smith (Leguminosae: Papilionoideae) for genetic conservation in Brazil. *Journal for Nature Conservation*, vol. 13, no. 1, ISSN 16171381. DOI 10.1016/j.jnc.2004.07.003.
- LOCOSSELLI, G.M., 2015. *Dendroecologia de Hymenaea spp. e Podocarpus lambertii, o papel do clima e do ambiente no crescimento destas espécies tropicais* [en línea]. Doutorado em Botânica. São Paulo: Universidade de São Paulo. [consulta: 13 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-24092015-132734/>.
- LOCOSSELLI, G.M., BUCKERIDGE, M.S., MOREIRA, M.Z. y CECCANTINI, G., 2013. A multi-proxy dendroecological analysis of two tropical species (*Hymenaea* spp., Leguminosae) growing in a vegetation mosaic. En: container-title: *Trees, Trees*, vol. 27, no. 1, ISSN 0931-1890, 1432-2285. DOI 10.1007/s00468-012-0764-x.
- LÓPEZ, L. y VILLALBA, R., 2020. Climate-growth relationships for *Aspidosperma tomentosum* Mart. in South American tropical dry forests. *Annals of Forest Science*, vol. 77, no. 4, ISSN 1286-4560, 1297-966X. DOI 10.1007/s13595-020-01001-8.
- LÓPEZ, L., VILLALBA, R. y STAHL, D., 2022. High-fidelity representation of climate variations by *Amburana cearensis* tree-ring chronologies across a tropical forest transition in South America. *Dendrochronologia*, vol. 72, ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2022.125932.
- MARCELO-PEÑA, J., ROIG, F., GOODWIN, Z. y TOMAZELLO, M., 2020. Characterizing growth rings in the trees of Perú: a wood anatomical overview for potential applications in dendroecological-related fields. *Dendrochronologia*, ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2020.125728.
- NTP N°251.008, 2016. *Maderas. Selección y Colección de Muestras*. 2016. S.l.: s.n.

- PAREDES, K., LÓPEZ, L., BROOKHOUSE, M. y CERRILLO, R., 2015. Rainfall and temperature variability in Bolivia derived from the tree-ring width of *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A.C. Smith. *Dendrochronologia*, vol. 35, ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2015.04.003.
- PORTAL, L., CARPIO, J. y DÍAZ, G., 2020. Propiedades tecnológicas de la madera de *Ormosia paraensis* Ducke proveniente de la Amazonía Suroriental del Perú. *Engenharia Industrial Madeireira Tecnologia, Pesquisa e Tendências* [en línea]. 1ra Edición. Guarujá Sao Paulo: Científica Digital, pp. 286-304. [consulta: 26 enero 2021]. ISBN 978-65-87196-62-6. Disponible en: <http://www.editoracientifica.org/articles/code/201101950>.
- PORTAL, L.A., 2010. *Características macroscópicas de 20 maderas comerciales del Perú*. Puerto Maldonado - Perú.: Portal Cahuana, Leif Armando. ISBN 978-612-00-0397-8.
- PORTAL, L.A., FIGUEIREDO, J.V., CAMARGO, J.H., VIEIRA, G., OLIVEIRA, D., ALVES, L.M. y FIGUEIREDO, J., 2019. Variabilidad radial física y anatómica del leño de árboles de *Amburana cearensis*. *Colombia forestal*, vol. 22, no. 1, ISSN 2256-201X, 0120-0739. DOI 10.14483/2256201X.13083.
- PORTAL, L.A. y LATORRACA, J.V. de F., 2020. ANÁLISE DE POTENCIAL DENDROCRONOLÓGICO EM ÁRVORES DE JATOBÁ (*HYMENAEA OBLONGIFOLIA* HUBER) DA AMAZÔNIA PERUANA. En: R.J. de OLIVEIRA, *Engenharia Florestal: Desafios, Limites e Potencialidade* [en línea]. 1. S.l.: Editora Científica Digital, pp. 110-120. [consulta: 23 diciembre 2022]. ISBN 9786587196435. Disponible en: <http://www.editoracientifica.com.br/articles/code/200800838>.
- PORTAL-CAHUANA, L.A., 2022. Maderas tropicales de la Amazonía suroriental del Perú y su identificación anatómica macroscópica. *Tecnologia de Produtos Florestais: pesquisas e desenvolvimento* [en línea]. 1. Brasil: Editora Científica Digital, pp. 10. [consulta: 15 febrero 2023]. ISBN 9786553602328. Disponible en: <http://www.editoracientifica.com.br/books/isbn/978-65-5360-232-8>.
- RAVINDRAN, P., THOMPSON, B.J., SOARES, R.K. y WIEDENHOEFT, A.C., 2020. The XyloTron: Flexible, Open-Source, Image-Based Macroscopic Field Identification of Wood Products. *Frontiers in Plant Science*, vol. 11, ISSN 1664-462X. DOI 10.3389/fpls.2020.01015.
- RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, E.C., CRISPÍN-DELACRUZ, D.B., TICSE-OTAROLA, G. y REQUENA-ROJAS, E.J., 2022. Assessing the Hydric Deficit on Two *Polylepis* Species from the Peruvian Andean Mountains: Xylem Vessel Anatomic Adjusting. *Forests*, vol. 13, no. 5, ISSN 1999-4907. DOI 10.3390/f13050633.
- ROQUETTE, J.G., DE ALMEIDA LOBO, F., VOURLITIS, G.L., ROIG, F.A., ORTÍZ, C.E.R., BANGA, N.M., PORTAL-CAHUANA, L.A. y TOMAZELLO-FILHO, M., 2023. *Hymenaea stignocarpa* Mart. ex Hayne growth-climate relationships are regulated by soil water saturation in Cerrado-Pantanal ecotone.

- RSTUDIO TEAM, 2015. *RStudio: Integrated Development Environment for R* [en línea]. 2015. Boston, MA.: s.n. Disponible en: <http://www.rstudio.com/>.
- SANTINI, L., 2018. *Estudo dendrológico e anatômico do lenho das árvores do Parque da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo: subsídios para a sua conservação*. Piracicaba - Brasil: Universidade de São Paulo.
- SANTINI, L., BORGES, S. y TOMMASIELLO, M., 2021. *Anatomia e identificação da madeira de 90 espécies tropicais comercializadas em São Paulo*. Atena editora. Brasil: Atena.
- SCHNEIDER, C., RASBAND, W. y ELICEIRI, K., 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, vol. 9, no. 7, ISSN 1548-7105. DOI 10.1038/nmeth.2089.
- SERFOR, 2020. *Manual para la identificación botánica de especies forestales de la Amazonía peruana*. Lima - Perú: s.n.
- SERNA-MOSQUERA, Y.B., BORJA DE LA ROSA, A., FUENTES-SALINAS, M. y CORONA-AMBRIZ, A., 2011. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA MADERA DE ALGARROBO (*Hymenaea oblongifolia* Huber.), DE BAGADÓ-CHOCÓ, COLOMBIA. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. XVII, no. 3, ISSN 01863231. DOI 10.5154/r.rchscfa.2010.07.043.
- SHUGAR, A.N., DRAKE, B.L. y KELLEY, G., 2021. Rapid identification of wood species using XRF and neural network machine learning. *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-021-96850-2.
- TROPICOS.ORG, 2021. Tropicos.org. *Tropicos.org. Missouri Botanical Garden*. [en línea]. Disponible en: <<https://tropicos.org>>.
- ULLOA-ULLOA, C., ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P., BECK, S., BELGRANO, M.J., BERNAL, R., BERRY, P.E., BRAKO, L., CELIS, M., DAVIDSE, G., FORZZA, R.C., GRADSTEIN, S.R., HOKCHE, O., LEÓN, B., LEÓN-YÁNEZ, S., MAGILL, R.E., NEILL, D.A., NEE, M., RAVEN, P.H., STIMMEL, H., STRONG, M.T., VILLASEÑOR, J.L., ZARUCCHI, J.L., ZULOAGA, F.O. y JØRGENSEN, P.M., 2017. An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science*, vol. 358, no. 6370, ISSN 0036-8075, 1095-9203. DOI 10.1126/science.aao0398.
- VÁSQUEZ, R., ROJAS, R., MONTEAGUDO, A., VALENZUELA, L. y HUAMANTUPA, I., 2018. *Catálogo de los árboles del Perú*. Cusco-Perú: Q'EUÑA. 1, vol. 9. ISBN 2412-2297.

- WIEDENHOEFT, A.C., 2020. The XyloPhone: toward democratizing access to high-quality macroscopic imaging for wood and other substrates. *IAWA Journal*, vol. 41, no. 4, ISSN 0928-1541, 2294-1932. DOI 10.1163/22941932-bja10043.
- YADAV, A.R., ANAND, R.S., DEWAL, M.L. y GUPTA, S., 2019. Determination of vessel elements and computation of hydraulic conductance of hardwood species images using digital image processing technique. *Wood Science and Technology*, vol. 53, no. 6, ISSN 0043-7719, 1432-5225. DOI 10.1007/s00226-019-01125-9.
- ZIEMIŃSKA, K., WESTOBY, M. y WRIGHT, I.J., 2015. Broad Anatomical Variation within a Narrow Wood Density Range—A Study of Twig Wood across 69 Australian Angiosperms. En: S. DELZON (ed.), *PLOS ONE*, vol. 10, no. 4, ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/journal.pone.0124892.

ANEXOS

Anexo1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Proyecto de Tesis: “DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR LOS TEJIDOS LEÑOSOS A NIVEL MACROSCÓPICO EN LAS ESPECIES TROPICALES”.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Metodología
<p>Problema Principal</p> <p>¿Qué metodología se podrá utilizar para determinar los porcentajes de los tejidos anatómicos de la especie forestal a nivel macroscópico?</p>	<p>Objetivo General Desarrollar una metodología para evaluar los tejidos leñosos a nivel macroscópico en las especies tropicales.</p> <p>Objetivos Específicos Describir la anatomía macroscópica de tres especies tropicales. Describir el protocolo del uso del software Fiji de ImageJ (WEKA) para la determinación de los tejidos leñosos a nivel</p>	<p>Hipótesis Nula (H0):</p> <p>H0: No es posible diferenciar los porcentajes de los tejidos leñosos a nivel macroscópico en las especies tropicales.</p> <p>Hipótesis Alterna (H1):</p> <p>H1: Si es posible diferenciar los porcentajes de los tejidos leñosos a nivel macroscópico en las especies tropicales.</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Para la presente investigación, será de tipo básico aplicado y el método analítico descriptivo con datos cualitativo y cuantitativo.</p> <p>Metodología de la Investigación:</p> <p>En el presente proyecto de investigación se empleará el método descriptivo, el mismo que se complementará con el estadístico, análisis, síntesis, deductivo, inductivo entre otros.</p> <p>Diseño de la Investigación:</p> <p>El diseño que se plantea para esta investigación cumplen los</p>

	<p>macroscópico en las especies tropicales.</p> <p>Determinar los porcentajes de vasos, fibras y parénquima a nivel macroscópico de tres especies tropicales.</p>		<p>métodos y técnicas razonables para afrontar el problema de la investigación.</p> <p>Población: La población de las tres especies que se encuentra en la concesión forestal del señor Danny Ferrer Palacios, y serán todos los árboles aprovechables con diámetros a la altura del pecho igual o mayor a 56 cm aprobados en el plan operativo anual de la concesión para el periodo 2022.</p> <p>Muestra: La muestra será conformada por nueve árboles de las tres especies forestales, esto en conformidad a la Norma Técnica Peruana “selección y colección de muestras” (NTP N°251.008 2016). Dichas muestras serán seleccionadas de manera aleatoria simple en el patio de trozas de la planta de</p>
--	---	--	---

			<p>transformación Industria Forestal Grandez.</p> <p>Técnica: La técnica que se empleará en el presente proyecto de investigación será destructiva, pues que se utilizará rodajas de madera</p>
--	--	--	--

Anexo2. CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA
Facultad de Ciencias Forestales
Departamento Académico de Manejo
Forestal



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud de **Gellsin Adriana Grandez Piña**, se proporciona la identidad de los especímenes indicados a continuación.

La información proporcionada por la depositante sobre las muestras es:

Zona de colección : Tahuamanu
Distrito : Iberia
Provincia : Tahuamanu
Región : Madre de Dios
Colector : Gellsin Adriana Grandez-C. Cárdenas

Nº COL	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMB. COMÚN	FAMILIA
GGP-01	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	Azucar huayo	FABACEAE
GGP-02	<i>Amburana acreana</i> (Ducke) A.C. Smith	Ishpingo	FABACEAE
GGP-03	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O. Grose	Tahuari	BIGNONIACEAE

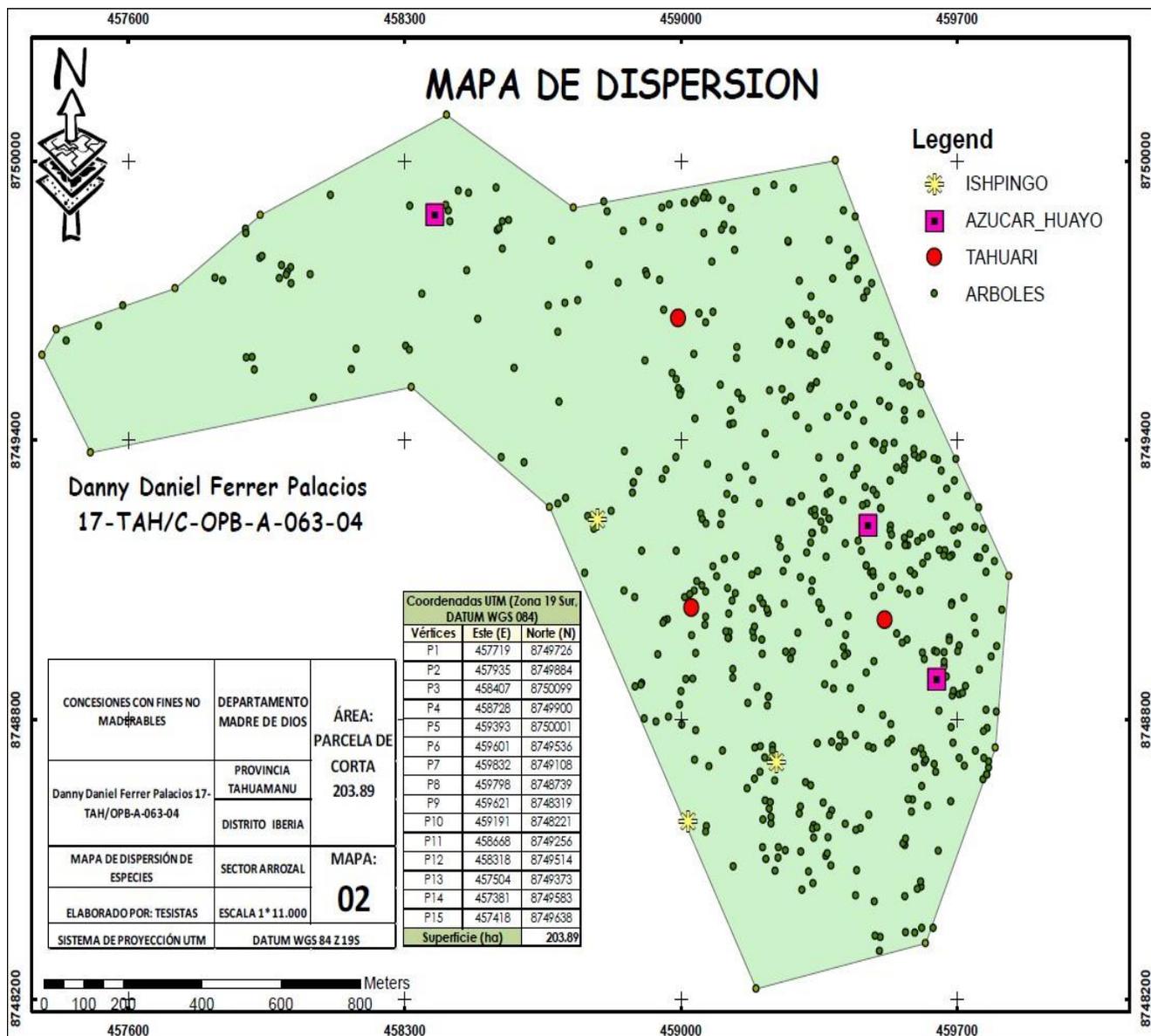
Determinado por:

Carlos Reynel Rodríguez Ph. D.

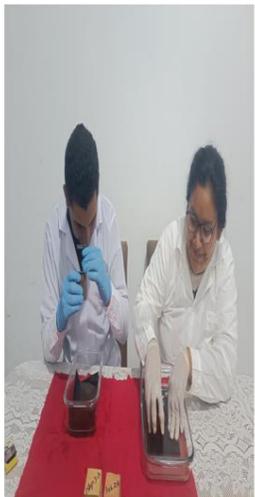
Profesor Principal, Dpto. Académico de Manejo Forestal
Director del Laboratorio de Dendrología y
Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales (MOL).

La Molina, 21 de julio 2023

Anexo3. MAPA DE DISPERSIÓN DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS



Anexo4. FOTOS VARIAS.



Anexo5. CARTA DE AUTORIZACIÓN

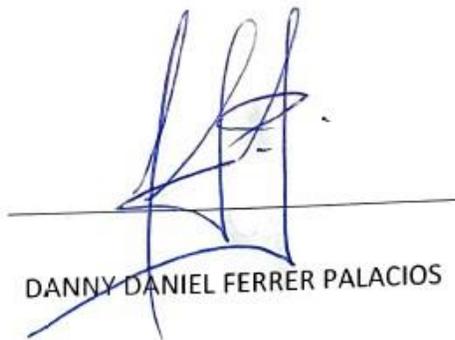
CARTA AUTORIZACIÓN

Iberia, 15 julio 2022.

Yo, DANNY DANIEL FERRER PALACIOS, AUTORIZO a los tesisistas de la UNIVERSIDAD AMAZONICA DE MADRE DE DIOS (UNAMAD) Gellsin Adriana Grandez Piña y Carlos Eduardo Cardenas Zuñiga, con el estudio de investigación titulado "PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DE TEJIDOS LEÑOSOS A NIVEL MACROSCOPICO EN TRES ESPECIES ARBOREAS EN BOSQUE AMAZONICO DE LA PROVINCIA DE TAHUAMANU, MADRE DE DIOS" a utilizar las muestras de mi plan de manejo intermedio reformulado aprobado con RSO N°083-2021-GOREMAD-GRFFS/SOFFS-TAH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para expresarles mi consideración.

Atentamente,



DANNY DANIEL FERRER PALACIOS

Anexo6. CARTA EMISIÓN DE AUTORIZACIÓN PARA INVESTIGACIÓN



GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS
GERENCIA REGIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE
UNIDAD DE GESTIÓN FORESTAL Y FAUNA SILVESTRE DE TAHUAMANU



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"
"Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú"

Iberia, 13 de Julio del 2022

CARTA N° 769-2022-GCREMAD-GRFFS-UGFFS-TAH.

Sres.:

GELLSIN ADRIANA GRANDEZ PIÑA
DNI N° 71055449
CARLOS EDUARDO CARDENAS ZUÑIGA
DNI N° 71210974

PRESENTE.-

ASUNTO : EMITO AUTORIZACION PARA INVESTIGACION.

REF. : CARTA S/N, con Exp. N° 2649 de fecha 12/JUL/2022

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, para saludarlo cordialmente y al mismo tiempo informarle que, en atención al documento de la referencia; en concordancia con el Art° 137 y 138 de la ley 29763 "Ley Forestal y de Fauna Silvestre" y de acuerdo a lo señalado en el reglamento para la Gestión Forestal Art° 153; se autoriza a Gellsin Adriana Grandez Piña y Carlos Eduardo Cardenas Zúñiga, realizar la investigación titulado "PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE TEJIDOS LEÑOSOS A NIVEL MACROSCÓPICO EN TRES ESPECIES ARBÓREAS EN UN BOSQUE AMAZÓNICO DE LA PROVINCIA DE TAHUAMANU-MADRE DE DIOS".

Se les hace conocer que una vez culminada, sustentada y aprobada la investigación tiene que entregar un ejemplar a la Unidad de Gestión Forestal y Fauna Silvestre de Tahuamanu.

Sin otro particular aprovecho la ocasión para expresarle mis consideraciones debidas y estima personal.

Atentamente;



GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS
GERENCIA REGIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE
UNIDAD DE GESTIÓN FORESTAL Y FAUNA SILVESTRE DE TAHUAMANU

César Alejandro Huila López
Ing. César Alejandro Huila López
D.O. CIP 37465
TAHUAMANU

C.c.
Archivo
UGFFS/CAHL
Secretaría /M/VV

A.v. Garcilaso de la Vega S/N Carretera Interoceánica
Iberia – Tahuamanu – Madre de Dios