UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LA MADERA DE TRES ESPECIES FORESTALES Y SU VARIACIÓN EN LOS NIVELES LONGITUDINALES DEL FUSTE, PROVENIENTE DE LA CUENCA DEL RÍO UTUQUINÍA – PROVINCIA CORONEL PORTILLO - REGIÓN UCAYALI"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

ALICE ALEXIS VÁSQUEZ RODRÍGUEZ

PUCALLPA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°381

A las 11:50 am del día miércoles 12 de diciembre del 2018, se reunieron los miembros del jurado calificador en el laboratorio de Anatomía de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Ucayali, conformada por los siguientes docentes:

- Dr. MARCO ANTONIO CHOTA ISUIZA **PRESIDENTE**
- Dra. MARÍA ANGÉLICA FLORES ROMAYNA **MIEMBRO**
- Ing. FERMÍN CAMPOS SOLÓRZANO **MIEMBRO**

Por proceder a la evaluación de la tesis: **"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS ANATÓMICAS DE LA MADERA DE TRES ESPECIES FORESTALES Y SU VARIACIÓN EN LOS NIVELES LONGITUDINALES DEL FUSTE, PROVENIENTE DE LA CUENCA DEL RIO UTUQUINIA – PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO – REGIÓN UCAYALI".**

Finalizando la sustentación de la tesis se procedió a la formulación de las preguntas, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD**, con el calificativo de muy bueno, quedando expedito para el otorgamiento del título de **INGENIERO FORESTAL**. El asesor de la tesis fue Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas. A las 12:50 pm se dio por concluido el acto académico, firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna
Miembro

Ing. M Sc. Fermín Campos Solórzano
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr Marco Antonio Chota Isuiza ..... Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna ..... Miembro

Ing. Fermín Campos Solorzano ..... Miembro

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas ..... Asesor

Bach. Alice Alexis Vásquez Rodríguez ..... Tesista

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, Alice Alexis Vásquez Rodríguez
Autor de la TESIS titulada:
Evaluación de las Características Anatómicas de la madera de tres especies forestales y su variación en los niveles longitudinales del fuste, proveniente de la cuenca del Río Utuquinia - Provincia Coronel Portillo - Región Ucayali.

Sustentada el año: 2018
Con la asesoría de: Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
En la Facultad de: Ciencias forestales y Ambientales
Escuela Profesional de: Ingeniería forestal

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos:
Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.
Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.
Tercero: autorizo la publicación,

- [x] Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).
- [ ] Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.
En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 14 / 01 / 19

Email: alicevasquezr@gmail.com
Firma: 

Teléfono: 969 231 792
DNI: 74666314

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme en todo el proceso de aprendizaje y brindarme la oportunidad para la realización y finalización de mis estudios universitarios.

A mis familiares, y en especial a mis abuelos Pablo, Magna y Victoria que fueron mi motivación y que son dignos de mi total admiración y por su confianza en mí.

A mis padres Gregorio y Laura, mi hermano Aarón por toda su comprensión y apoyo en todo el proceso quienes siempre estuvieron a mi lado, nunca me dejaron sola. Gracias por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeran e hicieron posible que este trabajo de investigación pueda ser concluido satisfactoriamente.

Agradecer a mis padres Gregorio y Laura y hermano, quienes me han brindado siempre su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida.

A mis amigas Jane y Francini por sus entrañables y valiosas palabras de aliento y apoyo constante.

A mi asesor el Ing. Iván Manuel Salvador Cárdenas, quien con su sólida experiencia y vasto conocimiento hizo posible el desarrollo y culminación de ésta tesis.

Al técnico del laboratorio de Anatomía de la madera Haroldo Ríos Tangoa, por su apoyo en el proceso de obtención de los cortes histológicos de las especies estudiadas.

INDICE DEL CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN…….……..	01
CAPÍTULO I…….....	03
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA…….....	03
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA…….....	03
CAPÍTULO II…….	04
MARCO TEÓRICO…….…….	04
2.1 Anatomía de la madera…….....	04
2.1.1 Características macroscópicas……	04
2.1.1.1 Características estructurales…….…….	05
2.1.1.2 Características organolépticas ……	06
2.1.1.3 Elementos anatómicos……..	13
2.1.2 Características microscópicas……	19
2.2 Especies forestales en evaluación……	33
2.2.1 *Brosimum rubescens* Taub. (palisangree)…….....	33
2.2.1.1 Descripción general……	33
2.2.1.2 Investigaciones relacionadas al estudio…….	34
2.2.2 *Caryocar glabrum* (Aubl). (almendro)……	35
2.2.2.1 Descripción general……	35
2.2.2.2 Investigaciones relacionadas al estudio…….	35
2.2.3 *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro)…….	37
2.2.3.1 Descripción general……	37
2.2.3.2 Investigaciones relacionadas al estudio…….	38
2.3 Definición de términos básicos…….	39
CAPÍTULO III……	42
METODOLOGÍA……...	42
CAPÍTULO IV……	55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN…….....	55
4.1 Determinación de características macroscópicas cualitativas……	55
4.2 Determinación de características microscópicas cualitativas……..	56
4.2.1 *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre)……	56
4.2.2 *Caryocar glabrum* (Aubl). (almendro)……	58
4.2.3 *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro)…….	60

4.3 Determinación de características microscópicas cuantitativas……. 62
4.2.1. Diámetro de poros……. 62
4.2.2. Frecuencia de poros……. 66
4.2.3. Longitud de elementos vasculares……..... 69
4.2.4. Altura de radio…… 73
4.2.5. Ancho de radios……. 76
4.2.6. Frecuencia de radios……. 79
4.2.7. Longitud de fibra……. 82
4.2.8. Espesor de paredes de fibra……. 86
4.4 Resumen de las características anatómicas cuantitativas……. 89
CAPÍTULO V……..... 91
CONCLUSIONES……..... 91
RECOMENDACIONES…….. 92
BIBLIOGRAFÍA…… 93
ANEXOS……..... 99

INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 01. Coordenadas UTM del PCA 05 frente 1…… 43

Tabla 02. Coordenadas geográficas, DAP y altura comercial……..…… 44

Tabla 03. Número de Probetas por especie…… 48

Tabla 04. Tiempo de ablandamiento de las probetas……. 50

Tabla 05. Total de láminas histológicas por nivel (con tres repeticiones)…… 51

Tabla 06. Características macroscópicas cualitativas de las tres especies…….. 55

Tabla 07. Datos estadísticos del diámetro de poros (µm) de la madera de tres especies forestales por niveles longitudinales del fuste…….. 62

Tabla 08. Análisis de varianza del diámetro de poros de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste…….. 63

Tabla 09. Prueba Tukey para diámetro de poros entre especies……. 64

Tabla 10. Prueba de Tukey de diámetro de poros entre niveles longitudinales del fuste …….. 64

Tabla 11. Resumen del análisis de varianza del diámetro de poros por nivel longitudinal del fuste de cada especie……. 65

Tabla 12. Prueba Tukey de diámetro de poros entre niveles longitudinales del fuste de la madera de *B. rubescens* Taub, (palisangre)……. 65

Tabla 13. Datos estadísticos de la frecuencia de poros/mm^2 de la madera de tres especies forestales por nivele longitudinal del fuste……..... 66

Tabla 14. Análisis de varianza de la frecuencia de poros de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste……..... 67

Tabla 15. Prueba Tukey para frecuencia de poros entre especies…….. 67

Tabla 16. Prueba de Tukey de la frecuencia de poros entre niveles longitudinales del fuste ……..…….. 68

Tabla 17. Resumen del análisis de varianza de la frecuencia de poros por nivel longitudinal del fuste de cada especie…… 68

Tabla 18. Datos estadísticos de la longitud de elementos vasculares (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste……..…… 69

Tabla 19. Análisis de varianza de la longitud de elementos vasculares de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste……..……. 70

Tabla 20. Prueba Tukey para longitud de elementos vasculares entre las tres especies…….. 71

Tabla 21. Prueba Tukey de longitud de elementos vasculares entre niveles longitudinales del fuste……. 71

Tabla 22. Resumen del análisis de varianza de la longitud de elementos vasculares por nivel longitudinal del fuste de cada especie…….. 72
Tabla 23. Prueba Tukey para longitud de elementos vasculares entre niveles longitudinales del fuste de la madera de *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers…… 72
Tabla 24. Datos estadísticos de la altura de radios (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste…… 73
Tabla25. Análisis de varianza de la altura de radios de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste…….. 74
Tabla 26. Prueba Tukey para la altura de radios entre especies…….. 74
Tabla 27. Prueba Tukey de la altura de radios entre niveles longitudinales del fuste……. 75
Tabla 28. Resumen del análisis de varianza de la altura de radios por nivel longitudinal del fuste de cada especie……. 75
Tabla29. Prueba Tukey para la altura de radios entre niveles longitudinales del fuste de la madera de *D. racemosa* (hoehne) Amshoff…….. 76
Tabla30. Datos estadísticos del ancho de radios (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste…… 76
Tabla 31. Análisis de varianza del ancho de radios de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste……..... 77
Tabla 32. Prueba Tukey para la altura de radios entre las tres especies……... 78
Tabla 33. Prueba Tukey del ancho de radios entre niveles longitudinales del fuste……. 78
Tabla 34. Resumen del análisis de varianza del ancho de radios por nivel longitudinal del fuste de cada especie……. 79
Tabla 35. Datos estadísticos de la frecuencia de radios/mm de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste……..... 39
Tabla 36. Análisis de varianza de la frecuencia de radios de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste…… 80
Tabla 37. Prueba Tukey para la frecuencia de radios entre las tres especies…… 81
Tabla 38. Prueba Tukey de la frecuencia de radios entre niveles longitudinales del fuste……. 81
Tabla 39. Resumen del análisis de varianza de la frecuencia de radios por nivel longitudinal del fuste de cada especie…… 81
Tabla 40. Prueba Tukey para la frecuencia de radios entre niveles longitudinales del fuste de la madera de *C. glabrum* (Aubl.) Pers……. 82
Tabla 41. Datos estadísticos de la longitud de fibras (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste…… 82

Tabla 42. Análisis de varianza de la longitud de fibras de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste…… 83
Tabla 43. Prueba Tukey para la frecuencia de radios entre especies…….. 84
Tabla 44. Prueba Tukey de la longitud de fibras entre niveles longitudinales del fuste……. 85
Tabla 45. Resumen del análisis de varianza de la longitud de fibras por nivel longitudinal del fuste de cada especie…… 85
Tabla 46. Datos estadísticos del espesor de la pared de fibras (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste…….. 86
Tabla 47. Análisis de varianza del espesor de pared de fibras de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste…….. 87
Tabla 48. Prueba Tukey del espesor de pared de fibras entre las tres especies..... 88
Tabla 49. Prueba Tukey del espesor de fibras entre niveles longitudinales del fuste……. 88
Tabla 50. Resumen del análisis de varianza del espesor de pared de fibras por nivel longitudinal del fuste de cada especie…… 88
Tabla 51. Resumen de las características cuantitativas de poros: poros/mm^2, diámetro de poros, longitud de elementos vasculares, altura de radios, ancho de radios, frecuencia de radios, longitud de fibras y espesor de pared de fibras (promedio, mínimo, máximo, desviación, coeficiente de variación)……. 90

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Clasificación de las texturas…….. 10

Figura 2. Clasificación de granos…….. 11

Figura 3. Clasificación de veteados……. 13

Figura 4. Parénquima apotraqueal difuso y difuso en agregado…… 17

Figura 5. Tipos de parénquima paratraqueal…….. 18

Figura 6. Elemento vascular…….. 21

Figura 7. Tipos de perforación de placa: A y B) Múltiples escalariformes; C) Múltiple reticulada; D) Múltiple foraminada; E) Simple…….. 26

Figura 8. Tipos de punteaduras: A) Alternas; B) Opuestas; C) Escalariformes……. 27

Figura 9. Mapa de ubicación de la Concesión Forestal y del PCA 05 ……... 28

Figura10. Esquema de trozado del fuste (Norma ISO 4470-1982)……. 44

Figura 11. Método de corte cruciforme de rodajas……. 46

Figura 12. Dimensiones de la probeta…….. 48

Figura 13. a) Poros solitarios (PS) y múltiples (PM) con parénquima paratraqueal confluente aliforme (ala fina), presencia de esclerotílides (E) en los poros. b) Radios (R) no estratificados, uniseriados y multiseriados…….. 48 56

Figura 14. a) Radios (R) con células procumbentes y marginales (plano radial). b) Elemento vascular (EV) y fibras (tejido macerado) ……. 57

Figura 15. a) (L) punteaduras alternas con apertura intermedia, (T) tubos laticíferos, b) (P) platina de perforación …… 58

Figura 16. *a)* Poros solitarios y múltiples, parénquima reticular y vacicéntrico**,** presencia de tilosis (*T*). *b)* Radios no estratificados, con células procumbente y marginales mezcladas y radios con puras células marginales (R), ……..…… 58

Figura 17. a) Presencia de cristales en el parénquima (C). b) Corte radial, presencia de cristales en radios (C) y parénquima (P), radio (R)……. 59

Figura 18. a) Punteadura escaliforme (P). b) Punteadura opuestas y alternos con abertura intermedia (P)…… 59

Figura 19. a) Parenquima paratraqueal aliforme (Pa). b) Poro obstruido por sustancia oscura……. 60

Figura 20. a) Radios no estratificados biseriados (R) (plano tangencial). b) Radios con células procumbentes (R) (plano radial)…… 61

Figura 21. a) Punteaduras alternas con abertura intermedia. b) Punteaduras opuestas y alternas, platina de perforación simple…… 61

Figura 22. Interacción del diámetro de poros por nivel longitudinal del fuste de las tres especies…….. 63
Figura 23. Interacción de la frecuencia de poros por nivel longitudinal del fuste de las tres especies…… 67
Figura 24. Interacción de la longitud de elementos vasculares por nivel longitudinal del fuste de las tres especies…… 70
Figura 25. Interacción de la altura de radios por nivel longitudinal del fuste de las tres especies…….. 74
Figura 26. Interacción del ancho de radios por nivel longitudinal del fuste de las tres especies…….. 77
Figura 27. Interacción de la frecuencia de radios por nivel longitudinal del fuste de las tres especies……. 80
Figura 28. Interacción de la longitud de fibras por nivel longitudinal del fuste de tres las especies……. 84
Figura 29. Interacción del espesor de pared de fibras por nivel longitudinal del fuste de las tres especies……..... 87
Figura 30. Árbol en pie de Brosimum rubescens Taub. (palisangre)……. 97
Figura 31. Árbol en pie de Diplotropis racemosa (hoehne) Amshoff. (chontaquiro)……. 97
Figura 32. Árbol en pie de Caryocar glabrum (Aubl). (almendro)..... 97
Figura 33. Pintado de los extremos del tronco…….. 97
Figura 34. Rodaja marcada para obtención de probetas para propiedades físicas y anatómicas……. 98
Figura 35. Marcado para obtención de probetas anatómicas (características microscópicas)……. 98
Figura 36. Probetas para evaluación de características macroscópicas…… 98
Figura 37. Corrección de la orientación de las probetas de características microscópicas…… 98
Figura 38. Probetas para características microscópicas……... 99
Figura 39. Ablandamiento de probetas (baño maria)…… 99
Figura 40. Laminas histológicas…… 99
Figura 41. Coloración de láminas histológicas…… 99
Figura 42. Montaje de láminas histológicas…… 100
Figura 43. Secado de láminas histológicas…….. 100

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo principal evaluar las características anatómicas y su variación en los niveles longitudinales del fuste de la madera de *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro), *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro), proveniente de la cuenca Río Utuquinía, Región Ucayali" y fue realizada en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional de Ucayali. La muestra estuvo constituida por tres árboles por especie. La preparación y selección de probetas se realizó acorde con la Norma Técnicas Peruanas NTP: 251,008 y el estudio anatómico con la Norma COPANT: 30:1-019.

Los resultados presentan la descripción de la madera de las tres especies a nivel macroscópico y microscópico cualitativo. Cuantitativamente se determinó que existe variación para la madera de la especie *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre) entre los niveles longitudinales del fuste por diámetro de poros, para la madera de la especie *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) se encontró variación éntrelos niveles longitudinales del fuste por longitud de elementos vasculares y por frecuencia de radios, para la madera de la especie *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) hay variación entre los niveles longitudinales del fuste por altura de radios. También se determinó que existe diferencia significativa de las características microscópicas cuantitativas entre las especies forestales en evaluación.

Palabras clave: Anatomía, madera, niveles del fuste, *Brosimum rubescens Taub*., *Caryocar. glabrum* (Aubl.) Pers, *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff.

ABSTRACT

The main objective of the work was to evaluate the anatomical characteristics and their variation in the longitudinal levels of the wood shaft of *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro), *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro), from the Utuquinía River Basin, Ucayali Region" and was carried out in the Wood Anatomy Laboratory of the National University of Ucayali. The sample consisted of three trees per species. The preparation and selection of specimens was carried out according to the Peruvian Technical Standard NTP: 251,008 and the anatomical study according to the COPANT Standard: 30:1-019.

The results present the description of the wood of the three species at macroscopic and qualitative microscopic level. Quantitatively it was determined that there is variation for the wood of the species B*rosimum rubescens* Taub. (palisangre) between the longitudinal levels of the shaft by pore diameter, for the wood of the species *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) variation was found between the longitudinal levels of the shaft by length of vascular elements and by radius frequency, for the wood of the species *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) there is variation between the longitudinal levels of the shaft by height of radius. It was also determined that there is a significant difference in quantitative microscopic characteristics between the forest species under evaluation.

Keywords: Anatomy, wood, shaft levels, *Brosimum rubescens* Taub, *Caryocar. glabrum* (Aubl.) Pers, *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff.

INTRODUCCIÓN

Los bosques presentan una composición florística tan variada que, en la actualidad muchas especies forestales aun no cuentan con estudios anatómicos. Potencializar el uso de las maderas nacionales, implica elaborar información básica que determine las distintas características como macroscópicas y microscópicas (Rosales, 2015).

Las características macroscópicas de la madera constituyen un factor muy importante puesto que influye en la selección de esta para su empleo en la construcción, ambientación de interiores o ebanistería. Reconocer estas características de las maderas es de mucha importancia ya que nos permite conocer como está constituida la madera, tiene importancia en la diferenciación y uso de las maderas (Gatica, 2010).

Gatica (2010) también menciona que el estudio Anatómico de la madera es tan completo que no es posible hacerlo macroscópicamente, es por eso que es necesario realizarlo microscópicamente para poder visualizar y lograr con esto un amplio panorama del estudio, logrando identificar y diferenciar los diversos elementos que conforman la madera. El conocimiento de la estructura microscópica de la madera, es importante ya que nos ayuda a identificar especies cuando a veces es imposible identificar macroscópicamente.

Uno de los estudios tecnológicos básicos es el estudio anatómico de la madera, siendo de importancia para conocer su estructura lo cual nos permite caracterizarla y de esta manera orientar el comportamiento de esta cuando sea trabajada. También, se podría saber si necesita o no de manejos previos cualidades y brindar un producto con mayor valor agregado. Además, se haría un razonable aprovechamiento del bosque que puede mejorar la economía (Lozano, 2005).

El objetivo principal fue evaluar las características anatómicas de la madera de tres especies forestales y su variación en los niveles longitudinales del fuste, proveniente de la Cuenca del Río Utuquinía - Provincia Coronel Portillo - Región

Ucayali. Los objetivos específicos fueron: determinar las características macroscópicas y características microscópicas cualitativas de la madera de las especies *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) y *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) y su variación en los niveles longitudinales del fuste; determinar las características microscópicas cuantitativas de la madera de las especies *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) y *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) y su variación en los niveles longitudinales del fuste; comparar las características microscópicas cuantitativas entre las tres especies.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del problema

La Política Forestal Nacional en nuestro país está orientada a promover el aprovechamiento racional de nuestro recurso forestal y fomentar el uso de las maderas tanto para el mercado nacional como internacional; pero en los últimos años se ha determinado que existe un vacío importante en estudios sobre características anatómicas de especies forestales en Ucayali; y por esto es necesario el estudio tecnológico de nuevas especies (Fachín, 1986).

Un requisito para promocionar nuevas especies, consiste en proporcionar conocimientos básicos completos sobre aspectos cualitativos y cuantitativos de las diferentes especies. Donde la identificación de las características anatómicas de las especies forestales juega un papel muy importante en el aprovechamiento de nuestros bosques y especialmente en la promoción de las maderas no tradicionales en el mercado nacional e internacional, según Begazo (citado en Lluncor, 2011).

Begazo (citado en Lluncor, 2011) dice que el estudio tecnológico de la madera, parte de la estructura anatómica propia del árbol, cuyas características varían en función tanto de las condiciones climáticas, niveles de asociación, suelo, calidad de sitio, edad, etc. y esto hacen variar más aun la estructura a un mismo nivel y a diferentes niveles dentro del árbol, por lo que un conocimiento adecuado de estas variaciones permitirá recomendar con mayor exactitud los probables usos que respondería eficientemente la madera.

Ante la importancia de estos estudios se plantea lo siguiente:
¿Cuáles son las características anatómicas de la madera de tres especies forestales y su variación en los niveles longitudinales del fuste, proveniente de la Cuenca del Río Utuquinía - Provincia Coronel Portillo - Región Ucayali?

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Anatomía de la madera

Aróstegui (citado en Vásquez, 2010) afirma que la anatomía de la madera comprende el estudio de las características macroscópicas, generales y organolépticas y microscópicas de la madera, la misma que se divide en dos partes: Anatomía Sistemática, que se ocupa de la identificación de la especie y la Anatomía Aplicada, que estudia la influencia de la estructura anatómica en las propiedades tecnológicas. Sostiene, además, que cada madera posee características distintas, es así, como se puede clasificar maderas de acuerdo a las características organolépticas, macroscópicas y microscópicas.

Aróstegui (citado en Gatica, 2010) sostiene que las características anatómicas, permiten explicar las causas correspondientes a los cambios dimensionales y el comportamiento de los esfuerzos mecánicos de la madera, además, menciona que la contracción radial y tangencial es un índice de la estabilidad de la madera y cuando la relación entre ambos se acerca a la unidad la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Aróstegui (citado en Gatica, 2010) menciona que, para estudiar la estructura macroscópica y microscópica de la madera, debido a su gran heterogeneidad, se establecen tres planos o secciones que son la transversal, la radial y la tangencial.

2.1.1 Características macroscópicas

Aróstegui (citado en Gatica, 2010) dice que la estructura macroscópica corresponde a las características de los tejidos diferentes de la madera observados a simple vista o con lupa de 10X.

La identificación de las características macroscópica, se basa en las características estructurales, características organolépticas y elementos anatómicos (León & Espinoza, 2001).

2.1.1.1 Características estructurales de la madera

2.1.1.1.1 Anillos de crecimiento

Raven (citado en Romero, 2010) los anillos de crecimiento pueden variar de un año a otro en función de la acción de los factores externos tales como: duración del periodo vegetativo, luz (insolación), temperatura, humedad, precipitación, agua disponible en el suelo y longitud del período de crecimiento.

Cuando se observa la sección transversal de una pieza de madera se pueden distinguir una serie de círculos concéntricos los cuales reciben el nombre de anillos de crecimiento. Cada uno de estos anillos representa la cantidad de madera producida por el cambium vascular cuando se presentan condiciones favorables para el crecimiento. Este tipo de incrementos presenta una apariencia distinta según el plano de corte en el cual se observan: en sección transversal aparecen como una serie de círculos concéntricos si se tiene toda la sección transversal de la troza. En caso de poseer una pequeña pieza de madera, la sección transversal muestra los anillos de crecimiento en forma de un arco o como líneas aproximadamente rectas a ligeramente curveadas. En sección radial aparecen como una serie de líneas aproximadamente rectas y paralelas entre sí; mientras que en sección tangencial se presentan como conos los cuales se encuentran incluidos uno dentro de otro (Chavesta, 2007).

2.1.1.1.2 Albura y duramen

Mora (citado en Romero, 2010) sostiene que, por un período de tiempo, el xilema recién formado no sólo realiza funciones mecánicas (soporte) sino que también, participa en las funciones de conducción y reserva. Estas actividades fisiológicas del xilema son realizadas por células vivas, especialmente las células parenquimatosas. La parte del xilema en la que algunas células están vivas y en consecuencia fisiológicamente activas, se conoce como albura. Pasado cierto

tiempo, el protoplasma de las células del xilema muere, este tejido se transforma en otro llamado duramen.

Datta y Kumar (citados en Romero, 2010) afirman que la formación del duramen es una manifestación de envejecimiento y es controlada por varios procesos fisiológicos y por aspectos genéticos de la planta. Los cambios que ocurren durante este periodo son muy complejos.

Mora (citado en Romero, 2010) afirma que la proporción de albura y duramen varía para las diferentes especies y aun dentro de la misma especie, y que el contenido de humedad de albura y duramen es variable, pero en sentido general, el duramen tiene menos humedad que la albura**.**

2.1.1.2 Características organolépticas

Rodríguez (1996) manifiesta que las características generales se relacionan con aspectos estéticos y de su estructura anatómica, denominándolas características organolépticas de la madera

Chavesta (2007) dice que son todas aquellas características que pueden ser percibidas por los órganos sensoriales. Entre estas tenemos: color, grano, brillo, textura, olor y sabor, peso, dureza y figura o veteado.

2.1.1.2.1 Brillo

Tuset y Duran (citados en Gatica, 2010) mencionan que el lustre depende de la capacidad de la pared celular de reflejar la luz; por lo general, las caras radiales dan mejor lustre que las tangenciales.

La madera para reflejar la luz, en otras palabras, es la propiedad de exhibir brillo. El brillo de la madera depende en parte del ángulo de incidencia de la luz sobre la superficie y de los tipos de células expuestas en esa superficie. Por ejemplo, una tabla en corte radial generalmente refleja la luz más intensamente que la cara tangencial,

debido en gran parte a la presencia en aquella cara de los rastros de los radios que reflejan la luz. Sin embargo, una causa importante de la presencia o ausencia de lustre es la naturaleza de las infiltraciones presentes en el duramen. Sustancias aceitosas o cerosas en el duramen generalmente reducen el brillo. El brillo en la madera debe ser determinado tan luego se realiza la determinación del grano (Chavesta, 2007).

2.1.1.2.2 Color

El color es una característica muy importante para la identificación de maderas, así como también desde el punto de vista estético. El color en la madera se debe a la infiltración de sustancias en la pared celular, dando origen a diversos colores, tales como: amarillo, ocre, castaño, castaño oscuro, castaño rojizo, pardo, rosado, negro. Generalmente no es posible definir el color de una madera por los mencionados anteriormente siendo necesario el empleo de algunos matices como: rosado, ocre, violáceo, etc. (Tuset y Duran, citados en Gatica, 2010).

Chavesta (2007) dice que el color varía no sólo entre diferentes clases de maderas sino también dentro de una especie y a menudo aún en la misma pieza de madera. Por lo general siempre hay diferenciación entre el color de la albura y el duramen; sin embargo, en algunas maderas no existe tal diferenciación; por lo que cuando se utilice el color en procesos de descripción e identificación se debe tomar en cuenta el color correspondiente al duramen. El color también es variable según se trate de madera en condición verde o en condición seca.

E.P.S “Biblioteca Profesional” (citado en Gatica, 2010) afirma que el color cambia de una especia a otra. Generalmente las maderas duras tienen un color más oscuro o intenso; mientras que las maderas blandas tienen colores más blancos.

2.1.1.2.3 Olor

Tuset y Duran (citados en Gatica, 2010) mencionan que existen maderas que poseen olores característicos provenientes de distintas sustancias que se encuentran depositadas en su interior. Este olor es más fuerte en cortes frescos, disminuyendo su intensidad con el transcurso del tiempo.

El olor puede servir para diferenciar las diversas especies de madera. Algunos tienen un olor característico, otras muy agradables. El olor a veces denota el buen o el mal estado de la madera. A menudo una alteración de fibras por descomposición va acompañada de olor desagradable según E.P.S “Biblioteca Profesional” (citado en Gatica, 2010).

Valderrama (citado en Gatica, 2010) considera las siguientes categorías para clasificar el olor de la madera en condición húmeda y seca al aire.

• Definido: Aromático, Desagradable, Otros.
• No definido.

2.1.1.2.4 Sabor

Tuset y Duran (citados en Gatica, 2010) afirman que el sabor de una madera está estrechamente vinculado al olor pues se supone que las sustancias responsables de ambos, son las mismas. Por otra parte, el sabor de una madera tiene importancia en relación al envasado de productos alimenticios que, al estar en contacto con este tipo de maderas, pueden adquirir gustos desagradables.

2.1.1.2.5 Textura

Tuset y Duran (citados en Gatica, 2010) definen a la textura como al tamaño de los distintos elementos anatómicos presentes en una pieza de madera, se distinguen tres tipos de textura (gruesa, mediana y fina) y los define a cada uno de los tres tipos de textura. Dice que una

madera presenta textura gruesa cuando uno o más elementos anatómicos son de un tamaño que pueden ser observados fácilmente; textura fina se da en maderas cuyos elementos anatómicos presentan escasa visibilidad y, por lo tanto, proporcionan la apariencia homogénea y la textura mediana es intermedia entre las texturas finas y gruesas.

La textura de la madera es característica y está dada por la distribución, proporción y tamaño relativo de los elementos leñosos (poros, parénquima y fibras) en la cual tiene importancia en el acabado de la madera, según Aróstegui (citado en Gatica, 2010).

Chavesta (2007) menciona que el tamaño de los poros y cantidad proporcional de las células leñosas presentes en una pieza de madera. Esta característica es determinada en la sección transversal de la madera y tiene importancia en el acabado de la madera.

Valderrama (citado en Gatica, 2010) encontró los siguientes tipos de textura de acuerdo con el grado de uniformidad de la madera:

- Madera de textura gruesa: Diámetro de poros más de 250 micrómetros, radio leñoso grande, abundante parénquima longitudinal: punga (*Pseudobombax mumguba* M. Et Z - Bombacaceae), lupuna (*Chorisia integrifolia* - Bombacaceae).
- Madera de textura media: Diámetro de poros de 150-250 micrómetros, radio leñoso entre fina y gruesa, parénquima longitudinal medianamente abundante: huamansamana (*Jacaranda paraense* - Bignonaceae), aguano cumala (*Virola albidiflora* - Myristicaceae).
- Madera de Textura fina: visibles con lupa de 10x, diámetro de poros menos de 150 micrómetros, radios muy finos, abundante fibra, parénquima longitudinal escaso, en general cuyos elementos son de dimensiones muy pequeñas y se encuentran principalmente distribuidas de forma difusa en el leño, dándole una

superficie homogénea y uniforme, ejemplo: ana caspi (*Apuleia molaris* - *Caesalpinaceae*), añuje moena (*Beilschmieda brasiliensis* - Lauraceae), etc.



***Figura 1*.** Clasificación de las texturas

2.1.1.2.6 Grano

El grano es la orientación de los elementos longitudinales de la madera con respecto al eje longitudinal del tronco. Tiene importancia en la trabajabilidad de la madera, así como en el comportamiento físico y mecánico de la misma (Chavesta, 2007).

Vignote (citado en Bravo, 2009) menciona que el tamaño de los elementos constitutivos de la madera tiene influencia sobre todo en la industria del mueble, donde es apetecible un cierto tacto de la madera y además porque facilita las operaciones de torneado, lijado y barnizado. La homogeneidad del grano también influye en algunas operaciones de transformación sobre todo en el corte a la plana y desenrollo, en los que las discontinuidades provocan efectos de cizalladura interna y rotura en la chapa.

Vignote (citado en Bravo, 2009) también dice que el tipo de grano se determina ubicando en primer lugar la sección transversal en un cubo

de madera, para luego colocar una cuchilla en dicha sección, siguiendo la dirección de los radios y golpear con un mazo de madera, verificando la menor o mayor dificultad que ofrezca la madera para ser cortada en dirección longitudinal, tales como:

- Grano recto: cuando la dirección de los elementos leñosos forma ángulos rectos con respecto al eje del árbol. Ejemplo: Lupuna blanca, Caoba, Cedro, etc.
- Grano oblicuo: cuando la dirección de los elementos leñosos forma ángulos agudos con respecto al eje del árbol. Ejemplo: Diablo Fuerte, Tornillo, etc.
- Grano entrecruzado: cuando la dirección de los elementos leñosos se encuentra en dirección alterna u opuesta haciendo que la separación de la madera sea difícil. Ejemplo: Congona, Shihuahuaco, Estoraque, Capirona, Huayruro, etc.



***Figura 2*.** Clasificación de granos

2.1.1.2.7 Veteado

E.P.S “Biblioteca Profesional” (citado por Gatica, 2010) dice que el veteado depende de los dibujos que las fibras presentan al exterior. En algunas maderas las aguas o vetas son muy visibles; en otras son apenas perceptibles. En algunas maderas son muy llamativos sus radios medulares.

Se origina en la superficie longitudinal pulida (tangencial o radial), debido a la disposición de los elementos constitutivos del leño, especialmente los anillos de crecimiento, dirección del grano y/o

distribución del color, radios leñosos y parénquima, así como también por el tamaño y la abundancia de ellos, según Chavesta (2007).

Esteban, et al (citados en Bravo, 2009), mencionan que el crecimiento de conos superpuestos que presenta la madera hace que la obtención de cortes tangenciales, esto es, paralelos al eje longitudinal del árbol y perpendiculares a los radios leñosos, ofrezca vistosos dibujos en forma de U y V, que reciben el nombre de veta. Este tipo de dibujo es característico de todas las coníferas y de la mayoría de las frondosas boreales, y de forma especial de las que presentan anillo poroso.

El veteado se refiere a la posición o distribución de las células y está determinado principalmente por los anillos anuales, el dibujo se refiere al diseño que forma la veta y está influido por diversos factores, (anomalías del crecimiento, accidentes) y varía según el plano cerrado del tronco, en el cerrado plano que corta transversalmente los vasos y las fibras, los anillos anuales aparecen como círculos concéntricos, según Tuset y Duran (citados en Gatica, 2010).

Según Nutsch (citado por Bravo, 2009) los tipos de veteado son:

- Arcos superpuestos: dado principalmente por los anillos de crecimiento y visible solo en corte tangencial de algunas especies como en Copaiba, Ishpingo, Cedro, Caoba, etc.
- Jaspeado: visible solo en corte radial y en especies que poseen radios anchos. El principal elemento leñoso responsable de este tipo de diseño son los radios. Al realizar el corte radial, el plano de seccionamiento sigue una dirección paralela a los radios y si estos son de tamaño visible se presentan como manchas o bandas extendidas a través del grano, formando el diseño jaspeado. Ejemplo el Palo Culebra, Huimba negra, Bolaina, etc.
- Bandas paralelas: observable en corte radial, en especies que tienen anillos de crecimiento bien marcados o abundancia de tejido parenquimatico. Ejemplo Pinos, Maquisapa ñaccha.

- Satinado: el factor determinante de este tipo de diseño es el grano entrecruzado. Se observa en secciones radiales y se caracteriza por la presencia de franjas o bandas paralelas entre sí. Dentro de cada franja, los elementos leñosos siguen una dirección oblicua y paralela entre ellos, pero formando ángulos con los elementos del leño presentes en las bandas adyacentes. Esta discrepancia en la dirección del grano influye en la capacidad de la reflexión de la luz de la madera, observándose una determinada alternancia de bandas claras y bandas oscuras. Ejemplo: Moena amarilla, Pumaquiro, etc.



***Figura 3*.** Clasificación de veteados

2.1.1.3 Elementos anatómicos

Sibille (citado en Bravo, 2009) dice que los elementos anatómicos pueden observarse a simple vista o con ayuda de una lupa de 10 aumentos sobre la superficie de la madera previamente humedecida y con la ayuda de un microscopio para observar mejor los caracteres de distribución, forma, tamaño y cantidad de elementos como los poros, vasos, parénquima, radios y fibras que conforman la madera.

2.1.1.3.1 Poros

Valderrama (citado Gatica, 2010) dice que los poros son elementos vasculares cortados transversalmente que pueden estar aislados o agrupados de manera variable, en el primer caso se llama poros solitarios y por lo general es redondeado; en el segundo caso se llama poro múltiple radial, cuando varios poros se hallan contiguos en una hilera radial. Los poros solitarios poseen pared gruesa. Cuando 2 o

más poros se hallan en contacto los poros son aplanados y más gruesos.

Según Barañao, Penón, Craig, Cucciufo, y De Falco (2008) desde el punto de vista macroscópico, las características que se toman en cuenta son:

a. Según agrupación
    - Solitarios. Están aislados, separados unos de otros por elementos de otra categoría.
    - Múltiples. Están unidos, comprimidos unos contra otros, en líneas paralelas a los radios. Hasta cuatro poros por línea son múltiples cortos. Por encima de cuatro poros, múltiples largos.
    - Agrupados o en racimos. Son poros reunidos en grupo, orientados en sentido tangencial y rodeados por elementos de otras categorías.
    - En cadena. Estos poros están unidos en forma paralela a los radios, al igual que los múltiples, pero diferenciados de aquellos porque no están tan deformados o comprimidos entre sí.

b. Según porosidad

La clase de poro, el tamaño, la cantidad es una parte del reconocimiento necesario, pero hay que agregar cómo se ubican en el anillo de crecimiento, cómo se distribuyen, si hay algún orden para ello. De esta manera aparecen otros dos dilemas: la porosidad y la disposición:

- Porosidad circular. En este caso en la zona inicial del anillo se concentran poros de gran tamaño, de paredes delgadas, en gran cantidad, en franco contraste con el resto del anillo. Coincide con lo que se ha descrito como leño temprano.
- Porosidad difusa. Es la contraposición al caso anterior. Los poros, de tamaño semejante, se distribuyen de manera uniforme en el anillo. No es fácil distinguir leño temprano de leño tardío por este carácter.

- Porosidad semicircular. Es el complemento entre las anteriores, donde el tamaño y distribución de los poros es variable y donde se insinúa una leve concentración de poros en lo que se interpreta como leño temprano.

c. Según disposición

- Disposición dendroide o dendrítica. Generalmente complementa la porosidad circular y consiste en que los poros del leño tardío se distribuyen a partir de la zona temprana en líneas más o menos paralelas a los radios, con divisiones o ramificaciones que son las que lo asemejan a ramas de un árbol y de allí la denominación.
- Disposición ulmoide. En este caso los poros, acompañados por parénquima, se distribuyen en bandas tangenciales, como si fueran anillos de crecimiento.
- Disposición oblicua. Los poros se distribuyen en líneas oblicuas con respecto a los radios.
- Sin patrón definido

Según León & Espinoza (2001) el tamaño del poro se determina de la siguiente manera:

d. Según tamaño

Se refiere al tamaño promedio de los poros cuando se observan en la sección transversal.

- Poros pequeños: Poros difíciles de observar a nivel macroscópico; no se observan a simple vista y su observación se debe hacer con el uso de lupa. Ejemplo: *Astronium graveolens* (Anacardiaceae), *Bulnesia arbórea* (Zygophyllaceae), *Ecclinusa guianensis* (*Sapotaceae), Rhizophora* mangle (Rhizophoraceae).
- Poros medianos: Poros cuya observación se puede hacer a simple vista, pero con cierta dificultad. Ejemplo: *Copaifera officinalis* (Caesalpiniaceae), *Cordia thaisiana* (Boraginaceae),

Terminalia guianensis (Combretaceae), *Rheedia madruno* (Guttiferae).

- Poros grandes: Poros claramente observables a simple vista. Ejemplo: *Cecropia peltata* (Cecropiaceae), *Ceiba pentandra* (Bombacaceae), *Cochlospermum vitifolium* (Bixaceae), *Samanea saman* (Mimosaceae).

2.1.1.3.2 Parénquima xilemático

El parénquima es el tejido que sirve para la conducción y almacenamiento de sustancia de reserva. Forma parte del tejido longitudinal del tronco y está dispuesto en forma muy característico; por ello, el parénquima tiene importancia en la identificación (Aróstegui, citado en Gatica, 2010).

De acuerdo a la forma y disposición, el parénquima se clasifica en tres tipos:

a. Parénquima apotraqueal

Tipo de parénquima cuya posición es independiente de los vasos o poros, Mauseth (citado en León & Espinoza, 2001). Este tipo de parénquima se clasifica:

- Apotraqueal difuso: Cuando las células individuales del parénquima se encuentran en forma dispersa sin contacto alguno con los poros.
- Apotraqueal difuso en agregados: Cuando las células de parénquima llegan a juntarse sin cruzarse los radios adyacentes.

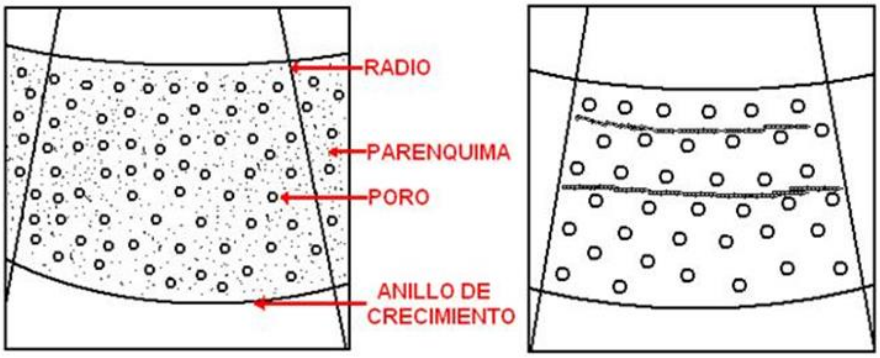

Figura 4. Parénquima apotraqueal difuso y difuso en agregado.

- Apotraqueal bandas: Cuando la célula de parénquima forma bandas, a su vez se sub divide cuando las células de parénquima pueden estar continuas.
- Apotraqueal reticulado: Diseño reticular en forma de una red, los radios y las bandas o líneas regularmente esparcidas cuando estas y los radios son aproximadamente del mismo ancho, cuando el espacio de uno y otro es casi igual.
- Apotraqueal escaliforme: Diseño semejante a una escalera que forma en la sección transversal el parénquima y los radios.

b. Parénquima paratraqueal

Según IAWA Commite (citado en León & Espinoza, 2001) es el tipo de parénquima asociado a los vasos o poros, envolviéndolos total o parcialmente. Se clasifica en:

- Paratraqueal escaso: tipo de parénquima paratraqueal en el cual algunas células parenquimáticas se encuentran en contacto con los poros, pero sin lograr a formar una envoltura completa. Este tipo de parénquima es difícil de observar a nivel macroscópico. Ejemplo: *Virola sebifera, Trichanthera gigantea.*
- Paratraqueal vasicéntrico: cuando las células del parénquima rodean totalmente a los poros, de forma circular o más o menos ovalado, Ejemplos: *Copaifera offisinalis, swietenia macrophylla.*
- Paratraqueal aliforme: cuando las células del parénquima rodean totalmente los poros, pero con extensiones laterales

agudas simulando alas, Ejemplo: *Brosimum alicastrum, Simarouba amara.*

- Aliforme confluente: parénquima aliforme pero cuyas extensiones laterales permiten la unión de varios poros. Ejemplo*: Jacandra copaia, Simarouba amara*
- Paratraqueal unilateral: se encuentra rodeado solo uno de los lados de los poros y el cual puede extenderse tangencial u oblicuamente siguiendo un patrón de tipo aliforme, confluente o en bandas, Ejemplos: *Terminalia guianensis, Peltogyne paniculata.*

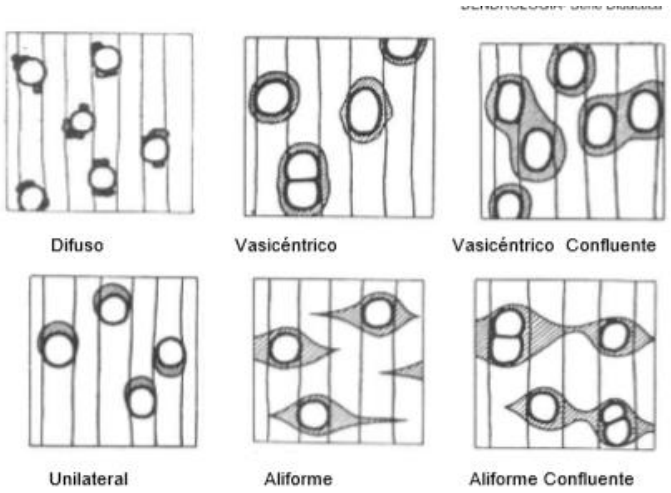

***Figura 5*.** Tipos de parénquima paratraqueal.

c. Marginal (forman líneas anchas y angostas en el límite de los anillos de crecimiento).

El parénquima es caracterizado por tener una pared celular delgada y lumen grande cumpliendo la función de almacenamiento de sustancial de reserva. A simple vista o con ayuda de una lente de mano este tejido se ve como bandas más claras y blandas rodeando unas veces a los poros y otras pasando entre ellas (Tuset y Duran, citado en Gatica, 2010).

2.1.1.3.3 Radios

Los radios son líneas que van desde el interior hasta el exterior del árbol, formando el sistema transversal del tronco. Están constituidos de células parenquimáticas. Es por esto que los radios son puntos o líneas débiles de madera por lo que durante el secado reproducen las grietas y generalmente a través de los radios (Aróstegui, citado en Gatica, 2010).

2.1.1.3.3.1 Tamaño

El tamaño de los radios se determina en la sección transversal. Si los radios son difíciles de ver a simple vista y aún con lupa, se considera como radios finos. Si son detectados a simple vista se consideran medianos y si son muy evidentes a simple vista, se habla de radios gruesos o anchos (León y Espinoza, citados en León & Espinoza, 2001).

2.1.1.3.3.2 Radios estratificados

León & Espinoza (2001) mencionan que se refiere a la disposición de los radios: radios de aproximadamente la misma altura y arreglados formando filas o estratos horizontales, de forma tal que al observarlos en sección tangencial se presenten una serie de líneas horizontales bastante cercanas entre sí las cuales reciben el nombre de "rizos". Ejemplo: *Bulnesia arborea* (Zygophyllaceae), *Lonchocarpus margaritensis* (Papilionaceae), *Luehea cymulosa* (Tiliaceae).

2.1.2 Características microscópicas

Aróstegui (citado en Gatica, 2010) manifiesta que las características microscópicas es la parte maderable de un árbol y cumple tres funciones: Conducción del agua, almacenamiento de sustancias de reservas y resistencia mecánica. Para cumplir estas funciones se distingue en la madera tres tipos de tejidos: Conducción (tejido vascular), Almacenamiento (tejido parenquimático), Resistencia (tejido fibroso). La estructura, el tamaño

y la forma de los tejidos son diferentes en casi todas las especies maderables, ósea que cada especie tiene un sello de estructura propia y característico.

García, et al, (citados en Gatica, 2010) mencionan que el tejido leñoso de las latifoliadas tiene una estructura celular más compleja constituida por fibras. Células alargadas, agrupadas en haces, provistas de puntuaciones que facilitan el paso de nutrientes. Cumplen funciones de sostén del cuerpo leñoso. La fibra es el principal componente de la madera de latifoliadas. Su diámetro promedio alcanza a 0.1 mm y su longitud puede ser hasta 20 veces mayor. Vasos, elementos de conducción constituidos por células tubulares unidas por sus extremos que son generalmente abiertos. Parénquima, puede ser longitudinal o radial.

García, et al, (citados en Gatica, 2010) también dicen que el parénquima longitudinal consta de una o varias hileras de células y tiene como función almacenar sustancias de reserva; en los radios medulares se almacenan y distribuyen transversalmente los nutrientes desde la corteza hasta la médula. Ocasionalmente se encuentra en canales gomíferos, formados por las células especializadas de parénquima ubicados longitudinalmente o dentro de los radios medulares.

La diversidad y la complejidad de nuestros bosques son las variaciones de las estructuras anatómicas de las especies a un mismo nivel y diferentes niveles dentro de un terreno, estos hacen que estas características se diferencien por sí mismo, por lo que nos lleva aún conocimiento adecuado de estas variaciones y que nos permiten recomendar con mayor exactitud de los usos y los planos de manejo de estas especies (Valderrama, citado en Gatica, 2010).

2.1.2.1 Vasos

Un vaso es un conjunto axial (vertical) de células superpuestas, llamadas elemento vascular, formando una estructura tubiforme continua de largo

indeterminado (Barañao et al., 2008)**.** Un vaso está constituido por elementos o segmentos vasculares individuales los cuales se encuentran organizados uno sobre otro en la dirección longitudinal del tallo (Thomas, citado en León & Espinoza, 2001).

Las maderas de latifoliadas presentan vasos los cuales se encargan de la conducción de agua y sales minerales. En algunas maderas, los vasos pueden llegar a formar hasta el 50 % del volumen leñoso total (Junac, citado en León & Espinoza, 2001).

2.1.2.1.1 Elementos Vasculares

León & Espinoza (2001) dicen que los elementos vasculares presentan una gran variación tanto en características cualitativas: forma, disposición según su tamaño, arreglo, inclusiones y en el tipo de perforaciones que se desarrollan en sus paredes extremas (platinas de perforación) y en las paredes longitudinales (punteaduras); como en características cuantitativas: longitud, diámetro, número, tamaño de punteaduras. Esta variación permite que las características de los elementos vasculares puedan ser utilizadas positivamente en el proceso de identificación de maderas latifoliadas.

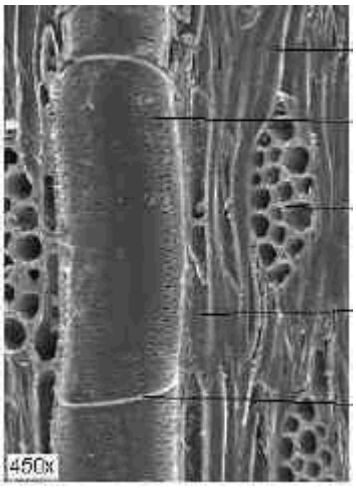

Figura 6. *Elemento vascular*

Los elementos vasculares poseen un diámetro considerable pero sus paredes son relativamente delgadas, Por poseer paredes delgadas y amplio lumen, son células adaptadas para cumplir eficientemente la función de conducción (Hoadley, citado en León & Espinoza, 2001).

2.1.2.1.2 Forma, tamaño y distribución de los Vasos (elementos vasculares-poros)

Las células o elementos vasculares difieren ampliamente en su tamaño y forma. La longitud de un segmento vascular puede variar entre 180 y 1300 μm mientras que su ancho puede oscilar entre 20 y 330 μm. Los elementos vasculares más cortos y más anchos se encuentran en el leño temprano de las maderas de porosidad circular; en las maderas de porosidad difusa, los elementos vasculares son usualmente 4-12 veces más largos que anchos (Thomas, citado en León & Espinoza, 2001).

La longitud de los elementos vasculares está directamente relacionada con la longitud de las células iniciales fusiformes a partir de las cuales se originan. En general, el incremento longitudinal durante el proceso de diferenciación es imperceptible, es decir, la longitud del elemento vascular es aproximadamente igual a la de la célula inicial fusiforme del cambium. Si dichas células son largas, el elemento vascular también será largo. Por el contrario, si las iniciales fusiformes del cambium son cortas el elemento vascular será corto (Pashin y de Zeeuw, citados en León & Espinoza, 2001).

La determinación de longitud de los elementos vasculares se realiza haciendo mediciones que van de un extremo a otro del segmento vascular y, preferiblemente, para dichas medidas se recomienda la preparación de macerados. En aquellos elementos vasculares en cuyos extremos desarrollen ligulas, éstas no deben ser incluidas en la medición de longitud, según IAWA Committe (citado en León & Espinoza, 2001).

Con respecto a la longitud de los elementos vasculares, se han establecido tres categorías según International Association of Wood Anatomists (IAWA) Committe (1989):

I. ≤ 350 μm.
II. 350-800 μm.
III. ≥ 800 μm.

El diámetro de los elementos vasculares (**poros**) también varía grandemente y se pueden encontrar valores que oscilan entre 20 μm y valores superiores a 400 μm. Para determinar el diámetro de los poros se mide el diámetro tangencial por ser más estable que el diámetro radial (Wilson y White, citados en León & Espinoza, 2001).

León & Espinoza (2001) mencionan que la medición del diámetro de los poros se debe considerar sólo el diámetro del lumen, es decir, que se excluye la pared del poro. Esta medición se hace en la sección transversal y durante el proceso de medición se debe evitar seleccionar los poros más pequeños o los más grandes para obtener una medida aproximada a la realidad. En el caso de maderas de porosidad semicircular, la medición se debe hacer sobre los poros que se ubiquen sobre una transecta que abarque todo el ancho del anillo de crecimiento.

Para el diámetro de los poros se consideran las siguientes categorías según IAWA Committe (1989):

I. ≤ 50 μm.
II. 50-100 μm.
III. 100-200 μm.
IV. ≥ 200 μm.

Las dimensiones de los elementos vasculares (longitud y diámetro), dentro de una misma planta, pueden presentar variaciones en función de una serie de factores entre los cuales se pueden mencionar los

siguientes: posición del elemento en la planta y condiciones de sitio (Carlquist, citado por León & Espinoza, 2001).

En cuanto a la agrupación de los poros Barañao, et al. (2008) toma las siguientes categorías:

- Solitarios.
- Múltiples.
- Agrupados o en racimos.
- En cadena.

Cada uno de estos tipos se define y se presentan ejemplos en la sección de Características Macroscópicas.

Con respecto a la disposición o patrón de distribución poseen los poros, Barañao et al. (2008) toma las siguientes categorías:

- Disposición dendroide o dendrítica.
- Disposición ulmoide.
- Disposición oblicua.
- Patrón no definido

Al igual que las anteriores definiciones y ejemplos se encuentran en la sección de Características Macroscópicas.

Fahn et al. (citado en León & Espinoza, 2001) dice que la frecuencia de los vasos, es decir el número de vasos por mm2, varía entre diferentes especies e incluso entre arboles de una misma especie. En muchos casos este parámetro puede ser utilizado como un elemento de apoyo en el diagnóstico, si las diferencias son suficientemente grandes. En algunas maderas se pueden encontrar regiones totalmente desprovistas de poros, mientras que en regiones adyacentes dentro del mismo anillo se pueden contar numerosos poros.

Para la determinación del número de poros por mm^2, el conteo de los poros se hace individualmente, es decir, si se encuentran poros múltiples se deben contar de forma individual cada uno de los poros

que formen la agrupación (Pashin y de Zeeuw, citado en León & Espinoza, 2001).

2.1.2.1.3 Perforaciones en los elementos vasculares

Thomas (citado en León & Espinoza, 2001) dice que en los elementos vasculares se pueden encontrar dos tipos de estructuras: las platinas de perforación y las punteaduras.

2.1.2.1.3.1 Platinas de perforación

Mora (citado en León & Espinoza, 2001) menciona que la comunicación en la dirección del grano, es decir, de arriba hacia abajo, entre los segmentos vasculares se realiza a través de perforaciones que existen en las paredes comunes de sus extremos.

Mora (citado en León & Espinoza, 2001) menciona que las platinas de perforación pueden variar de forma dependiendo del grado de inclinación. Cuando dos segmentos vasculares se unen con una platina de perforación horizontal; ésta es circular u ovalada o aproximadamente así. Si los segmentos vasculares terminan oblícua o de manera ligulada, apartándose de la horizontalidad, la platina de perforación puede ser elíptica, ovalada u oblonga. Una platina de perforación consta de dos "platinas medias" opuestas que pertenecen a diferentes segmentos vasculares que se encuentran en un plano común.

Platinas de perforación según Barañao et al. (2008):

- Simples: presenta una sola y gran perforación, se presentan con mayor frecuencia que los otros tipos y pueden caracterizar a familias enteras.
- Escalariforme: numerosas perforaciones, en una misma placa, dispuestas en series paralelas.

- Reticulada: cuando las perforaciones, de una misma placa, se disponen en forma de red.
- Foraminada: las perforaciones de la placa son casi circulares.

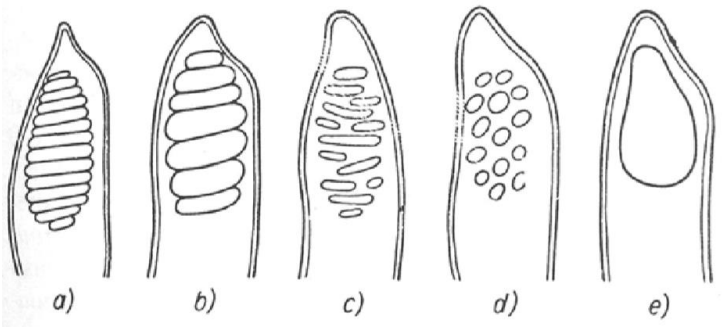

Figura 7. Tipos de perforación de placa: A y B) Múltiples escalariformes; C) Múltiple reticulada; D) Múltiple foraminada; E) Simple.

2.1.2.1.3.2 Punteaduras

La naturaleza y extensión de los pares de punteaduras presentes en los elementos vasculares varía dependiendo del tipo de célula que se encuentre en contacto con los vasos. Los pares de punteaduras que ponen en contacto a los vasos con otras células de tipo prosenquimatoso, generalmente son areoladas. Donde los vasos están en contacto con células de tipo parenquimatoso, las punteaduras pueden ser areoladas, semiareoladas o simples (Pashin y de Zeeuw, citados en León & Espinoza, 2001).

Fahn et al. (citados en León & Espinoza, 2001) mencionan que las punteaduras areoladas presentes en los vasos varían en cuanto a su forma y arreglo. Cuando las punteaduras son alargadas horizontalmente y forman hileras que asemejan a una escalera, se dice que son punteaduras **escalariformes** (Figura 8).

Si las punteaduras están arregladas en pares horizontales, son **opuestas** (Figura 8), es decir que se presentan en filas orientadas transversalmente con respecto a la longitud del vaso (IAWA Committe ,1989).

Fahn et al. (citados en León & Espinoza, 2001) también mencionan que cuando las punteaduras tienden a arreglarse en líneas diagonales son llamadas **alternas**, la forma de las punteaduras alternas puede variar de circular a ovalada hasta poligonal (figura 8).

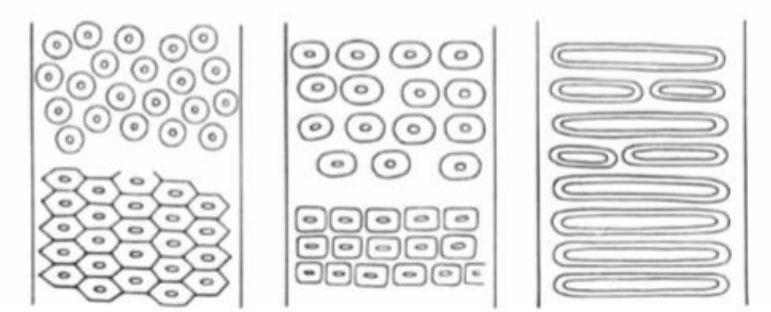

***Figura 8*.** Tipos de punteaduras: A) Alternas; B) Opuestas; C) Escalariformes

2.1.2.2 Inclusiones en los vasos

León & Espinoza (2001) dice que en los elementos vasculares se pueden desarrollar cierto tipo de depósitos o inclusiones los cuales pueden obstruirlos de forma parcial o total. Las inclusiones más comunes en los elementos vasculares son el tílides y algunos depósitos de naturaleza gomosa. También se pueden presentar depósitos de calcio y de lapachol. Rara vez se encuentran cristales.

El tílides puede ser definido como protuberancias que se desarrollan en las células parenquimáticas adyacentes a los vasos y que penetran a través de las cavidades de las punteaduras en el lumen de los vasos cuando éstos dejan de ser activos. En un vaso se puede desarrollar tílides hasta que se llene completamente el lumen de la célula (Detienne citado en León & Espinoza, 2001).

El lumen de los vasos también puede presentar sustancias de naturaleza gomosa (Fahn et al., citado en León & Espinoza,2001). Este tipo de

sustancias se caracteriza por formar depósitos de coloración oscura los cuales pueden obstruir, total o parcialmente, a los poros.

Aróstegui (citado en Gatica, 2010) mencionan que existe otro tipo de inclusiones como resinas y sales calcáreas: Las gomas o resinas son un material orgánico formado por compuestos químicos, generalmente de color amarillo y rojo. Látex: Exudación lechosa generalmente de color blanco y a veces amarillo.

2.1.2.3 Fibras

García et al. (citados en Gatica, 2010) mencionan que el tejido leñoso de las latifoliadas tiene una estructura celular más compleja constituida por fibras. Células alargadas, agrupadas en haces, provistas de puntuaciones que facilitan el paso de nutrientes. Cumplen funciones de sostén del cuerpo leñoso. La fibra es el principal componente de la madera de latifoliadas. Su diámetro promedio alcanza a 0.1 mm y su longitud puede ser hasta 20 veces mayor.

Las paredes de las fibras pueden ser comparativamente delgadas o tan gruesas que la cavidad celular prácticamente no se observa. El grosor de las paredes de las fibras, así como su naturaleza físico-química, tiene gran influencia sobre las propiedades de resistencia, contracción y trabajabilidad de la madera (Desch, citado en León & Espinoza, 2001).

2.1.2.3.1 Espesor de paredes y longitud de fibras

Para la medición del grosor de las paredes de las fibras se considera la relación que existe entre el ancho del lumen y el grosor de las paredes. De acuerdo a esa relación por IAWA Committe (1989) establece las siguientes categorías:

- Fibras con paredes muy delgadas. El lumen de la fibra es 3 veces o más ancho que el doble espesor de sus paredes.

- Fibras de paredes delgadas a gruesas. El lumen de las fibras es menos de 3 veces el ancho del doble espesor de sus paredes, y notablemente abierto.
- Fibras de paredes muy gruesas. El lumen de la fibra prácticamente no se observa.

Desde el punto de vista cuantitativo, el grosor de las paredes de las fibras se puede expresar en forma numérica mediante la medición del diámetro total y el diámetro del lumen de la fibra, mediante la aplicación de la siguiente fórmula (León & Espinoza, 2001):

$$e = (Dt-Dl)/2$$

donde:

e = espesor o grosor de las paredes de las fibras.

Dt = diámetro total de la fibra.

Dl = diámetro del lumen de la fibra.

León & Espinoza (2001) mencionan que, para la determinación de longitud de las fibras, al igual que en el caso de los elementos vasculares, es necesario la preparación de macerados que permitan la individualización de dichas células para la obtención de resultados confiables.

IAWA Committe (1989) ha establecido las siguientes categorías con respecto a la longitud de las fibras:

I. ≤ 900 μm.

II. 900-1600 μm.

III. ≥ 1600 μm.

2.1.2.3.2 Punteaduras

Las punteaduras en las paredes de las fibras son un elemento de importancia en el diagnóstico de las maderas. Estas punteaduras son

de tipo areoladas, y pueden ir desde claramente areoladas hasta indistintamente areoladas (León & Espinoza, 2001).

León & Espinoza (2001) también afirman que existe una clasificación en la cual se incluyen a las fibras en dos grupos: fibrotraqueidas y fibras liberiformes. Esta clasificación se basa en el tipo de punteadura que se presenta en las paredes de las fibras: en el caso de fibras con punteaduras claramente areoladas se denominan fibrotraqueidas; mientras que las fibras con punteaduras aparentemente simples se considera como liberiformes. Debido a algunas dificultades que se presentan al utilizar estas categorías, en la actualidad solamente se usa el término de fibras y se indica el tipo de punteaduras que se presentan en las mismas: claramente areoladas o indistintamente areoladas.

2.1.2.4 Parénquima longitudinal

Las células parenquimáticas pueden almacenar sustancias como almidón, aceites y grasas, pudiéndose encontrar también taninos y cristales (Lindorf et al., citados por León & Espinoza, 2001).

Pashin y de Zeeuw (citados en León & Espinoza, 2001) dicen que el parénquima leñoso es un tejido compuesto por células isodiamétricas, cortas y en forma de ladrillos provistas, en la mayoría de los casos, con punteaduras simples. Estas células están involucradas, principalmente, en el almacenamiento y, en menor grado, la conducción de carbohidratos.

León & Espinoza (2001) mencionan que algunas maderas se pueden producir cristales de varias formas en el parénquima axial, especialmente sales de calcio (oxalato de calcio); también se puede encontrar sílice bien sea en forma de gránulos finos o como depósitos amorfos.

En general, en sección transversal los tipos de parénquima son según León & Espinoza (2001):

a. Parénquima apotraqueal
    - Apotraqueal difuso
    - Apotraqueal difuso en agregados
    - Apotraqueal bandas
    - Apotraqueal reticulado
    - Apotraqueal escaliforme
b. Parénquima paratraqueal
    - Paratraqueal escaso
    - Paratraqueal vasicéntrico
    - Paratraqueal aliform
    - Aliforme confluente
    - Paratraqueal unilateral
c. Marginal

Cada uno de estos tipos se define y se presentan ejemplos en la sección de Características Macroscópicas.

2.1.2.5 Parénquima radial

Wilson & White (citados en León & Espinoza, 2001) afirman que los radios de las latifoliadas están constituidos por células parenquimáticas las cuales, al igual que el parénquima longitudinal, permanecen vivas mientras forman parte de la albura y durante este período almacenan almidón. En algunos casos pueden estar presentes aceites y otros productos metabólicos o algunas células pueden volverse cristalíferas.

2.1.2.5.1 Tamaño de los radios

Esau (citado León & Espinoza, 2001) dice que las características dimensionales de los radios se ponen de manifiesto por su longitud, ancho y altura. La longitud se mide desde el cambium hasta el extremo interno del radio. El ancho de los radios corresponde a su extensión tangencial y se expresa comúnmente por el número de células en esa dirección. La altura se mide en dirección paralela al eje

longitudinal del tallo. Los radios pueden variar mucho en sus dimensiones, no sólo entre las distintas plantas sino también dentro de un mismo ejemplar.

La amplia variación del tamaño de los radios en las latifoliadas se puede convertir en un elemento importante en la identificación. Las dimensiones de mayor significado son la altura y el ancho. La longitud no es un elemento de importancia ya que los (Hoadley, citado en León & Espinoza, 2001).

La altura de los radios es la distancia vertical que existe desde el extremo superior del radio hasta su extremo inferior. El ancho del radio es la distancia o el eje horizontal del radio, esta distancia es medida en el punto más ancho del radio mediante el conteo del número de células. Estas mediciones se hacen la sección tangencial (Carlquist, citado en León & Espinoza, 2001).

Según el número de células de ancho, los radios de latifoliadas se clasifican en uniseriados, biseriados y multiseriados (León & Espinoza, 2001):

- Uniseriados: El radio presenta una sola célula en anchura, por ejemplo, *Calophyllum brasiliense* (Guttiferae), *Centrolobium orinocense* (Papilionaceae).
- Biseriados: El radio se encuentra constituido por dos células de ancho, por ejemplo, *Lonchocarpus margaritensis* (Papilionaceae), *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae).
- Multiseriados: radios en cuya parte más ancha se observan tres o más células, por ejemplo, *Catostemma commune* (Bombacaceae), *Ceiba pentandra* (Bombacaceae).

2.1.2.5.2 Composición de los radios

León & Espinoza (2001) afirman que los radios de las latifoliadas están constituidos sólo por células parenquimáticas; sin embargo,

dichas células pueden presentar una gran variación, en cuanto a forma y tamaño, pudiéndose establecer clasificaciones de diferentes tipos de radios en base a su composición.

IAWA Committe (1989) ha establecido las siguientes categorías según la composición de los radios:

a. Radios constituidos solamente por células procumbentes.
b. Radios constituidos solamente por células cuadradas y/o erectas.
c. Células del cuerpo del radio de tipo procumbentes, con una ruta de células marginales de tipo cuadradas y/o erectas.
d. Células del cuerpo del radio de tipo procumbentes, con 2-4 rutas de células marginales de tipo cuadradas y/o erectas.
e. Células del cuerpo del radio de tipo procumbentes, con más de 4 rutas de células marginales de tipo cuadradas y/o erectas.
f. Radios con células procumbentes, cuadradas y erectas mezcladas a través de todo el cuerpo del radio.

Las categorías a y b se refieren a radios homocelulares, mientras que las categorías c, d, e, y f corresponden a radios de tipo heterocelular.

2.2 Especies forestales en evaluación

2.2.1 *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre)

2.2.1.1 Descripción general

- Descripción botánica: Árbol monoico de fuste recto y cilíndrico, base en forma de pata de elefante. Puede alcanzar hasta 40 m de altura y 1 m de dap. Corteza muerta rojiza con lenticelas dispuestas en líneas horizontales. La corteza viva es marrón, fibrosa, con exudado blanco en puntos. Hojas simples, alternas, dísticas, de cartáceas a subcoriáceas, de elípticas a oblongas, 6-9 cm de longitud por 2.5- 3.5 cm de ancho, ápice acuminado, base aguda, haz glabra y envés esparcidamente pubescente a glabro, amarillento. Nervio central prominente por el haz, presenta de 10 a 22 venas secundarias, venas terciarias poco evidentes; estípulas envolventes, terminales, entre 0.2 y 0.8 cm de diámetro. Posee infrutescencias globosas, frutos

drupáceos, que al madurar son de color verde amarillento claro, de sabor dulce, dispuestas en pares cada una de 1 a 3 cm de diámetro. El número de semillas por fruto varía entre 1 y 9, (Berg, citado por Triana, Gonzales y Paspur, 2008).

- Distribución Geográfica: **(**Berg, citado en Triana et al., 2008) también afirma que la especie se distribuye a lo largo de la cuenca amazónica de Colombia, Perú, Brasil y Guayana, y existen también algunos reportes en Panamá.
- Usos: **(**Kaiser, citado en Triana et al., 2008) informa sobre los siguientes usos: marquetería, instrumentos musicales, tacos de billar, baquetas para tambor, tubos para órgano, cajas decorativas, cofres y enchapes para pisos. En el ámbito artístico, afirma, se usa en barcos costumbristas y para labrar toda una serie de objetos y piezas de arte.

2.2.1.2 Investigaciones relacionadas a la evaluación

Según León (2015) la especie *Brosimum rubescens* Taub. tiene albura color amarillo (10YR 8/6) y duramen color marrón rojizo (2.5YR 4/3), Olor y sabor indistintos. Lustre alto a mediano. Textura fina. Grano inclinado a entrecruzado. Madera dura y pesada. Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Vasos sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4 (-6). Platinas de perforación simples, punteaduras alternas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala fina, predominantemente confluente, unilateral. Radios hasta cuatro células de ancho, heterocelulares con 1-4 rutas de células marginales, algunas veces hasta 6 rutas. Presencia tubos laticíferos, cristales en vasos y radios, también puede presentarse algunas veces esclerotílides.

León (2015) también determinó las características microscópicas cuantitativas de la especie como: Número de vasos/mm^2 de 5-7, diámetro de poros en µm (promedio, desviación, mínimo, máximo, número de mediciones, coeficiente de variación) 156,31 ± 49,053 (85-260), n = 42; CV = 31,38%. Longitud de elementos vasculares (µm) 414,19 ± 110,07 (200-710), n = 37; CV = 26,57%. Longitud de fibras (µm) 1288,6 ± 175,86

(925-1680), n = 50; CV = 13,65%. Altura de radio (µm) 510,6 ± 129,27 (310-910), n = 50; CV = 25,32%, frecuencia de radios (radios/mm) 5,05 ± 0,999 (3-6), n = 20; CV = 19,78% y ancho de radios (número de células) de 1-4.

2.2.2 *Caryocar glabrum* (Aubl). (almendro)

2.2.2.1 Descripción general

Distribuido por toda la cuenca Amazónica, en Bolivia, Brasil, Colombia, Perú, Venezuela y Guyana, en terrenos no inundables, con buen drenaje. Es un árbol grande que puede alcanzar los 50 metros de altura. Su tronco es recto y cilíndrico. Su corteza externa es áspera, fisurada y de color pardo oscuro. Sus hojas son compuestas y alternas. Presenta flores bisexuales, de color amarillo o anaranjado. Su fruto es una drupa de forma globosa, de 6 centímetros de diámetro, de color amarillento o marrón claro. Tiene una semilla de color blanco, aceitosa, de 4,5 centímetros de diámetro.

USOS: La semilla del fruto es comestible, al natural, hervida o tostada. Es muy rica en aceite. Es un fruto que consume la fauna silvestre. Su madera es utilizada para la fabricación de carrocerías, construcción naval, durmientes y postes.

2.2.2.2 Investigaciones relacionadas a la evaluación

Aróstegui, Gonzáles y Sato (1981) determinaron las características anatómicas de la especie *Caryocar glabrum,* concluyendo así que poseía las siguientes características macroscópicas color amarillo, olor característico, brillo alto, veteado de bandas paralelas, grano entrecruzado, textura media, parénquima visible a simple vista, apotraqueal reticular y paratraqueal vacicentrico; poros visibles con lupa de 10x, solitarios y múltiples radiales; radios: visibles con lupa de 10x.

Características microscópicas radios heterogéneos, parénquima apotraqueal predominante. Cuantitativamente. Diámetro de poros (µm) 172 ± 30. Longitud de vasos (µm) 602 ± 125. Longitud de fibras (µm) 2532 ± 555. Altura de radios (µm) 501 ± 104.

Valderrama (2014) determinó las cualidades tecnológicas de la especie de *Caryocar glabrum* (Aubl). Características anatómicas como: diámetro de fibras angostas y fibras largas, la presencia de parénquima axial abundante y fibras de pared delgada, densidad básica media, grano entrecruzado y fino, textura media, vasos con diámetro y longitud medianos, platina de perforación simple, presencia de cristales en las células del parénquima, contenido en poros ausente en la estructura celular hacen que sea fácilmente atacada por agentes biológicos.

Carbajal (2012) concluyó que el “almendro” es una madera de densidad media (540 kg/m3) y determinó las siguientes características macroscópicas albura de color crema, duramen de color pardo, olor y sabor no diferenciado, brillo medio, veteado no diferenciado, grano entrecruzado, textura media, anillos de crecimiento no diferenciado, poros visibles con lupa, difusos, solitarios y múltiples radiales, distribuidos en la sección radial y tangencial, radios en la sección transversal visibles con lupa, con esparcimiento y longitud irregular, desordenados en la sección tangencial y levemente contrastados en la radial.

Carbajal (2012) también determinó sus características microscópicas: Poros difusos, de circulares a ligeramente ovalados; espesor de pared 6-μm. diámetro tangencial promedio de 147,67 μm. variando de 118-196 μm; clasificados en medianos de 4-9 poros/mm^2; clasificados de poco numerosos (86,67%) a pocos, solitarios (72,52%), múltiples de dos (15,56%), múltiples de tres (7,63%), múltiples de cuatro (2,29%). Longitud promedio de los elementos vasculares 670 μm. con los extremos de 400-900 μm; clasificados de medianos (93,33%) a largos, con apéndice central ubicado en ambos extremos, raros en un solo extremo. Platina de perforación simple, inclinada. Puntuación intervascular de 7-12 μm de diámetro, clasificados de pequeños a medianos (84%), opuestos alternos, areolados, redondas a ligeramente poligonales; abertura inclusa; alargadas horizontalmente. Radios de altura promedio

683,94 μm. variando de 410-1593 μm; clasificados en cortos (56,67%) a largos de 7-36 células de altura, más frecuentes de 10-20 (53,33%) uniseriados de 18,45 μm de ancho, muy finos de 8-14 radios/mm; clasificados de pocos abundantes (77%) a abundantes dispuestos irregularmente en la sección tangencial, heterogéneos, puntuación radio vascular cribiforme, grandes; abertura alargada aparentemente escaleriformes, se caracteriza por tener una larga cola uniseriada y en la parte central multiseriada. Parénquima Axial paratraqueal en bandas en las secciones longitudinales de 2-8 series/células, en su mayoría 4 alargados longitudinalmente. Fibras fusiformes, longitud promedio 1618,69 μm, variando de 1179-1884 μm; clasificadas en largas (53,33%) y medianas, diámetro total promedio 20,08 μm, variando de 13-25 μm; clasificadas en angostas (90%) a medianas, diámetro promedio del lumen 12,45 μm, variando de 7-19 μm, espesor de pared delgada, con un promedio de 3,83 μm, variando de 2-6 μm. puntuación simple con cierta estratificación. Presencia de cristales de forma poligonal y romboidal aislados en las células del parénquima y de los radios, algunos componentes pequeños de sílice en los radios.

2.2.3 *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro)

2.2.3.1 Descripción general

- Albura: Claramente demarcado, estrecho, 10-20 mm, blanco grisáceo a blanco amarillento.
- Duramen: De color marrón chocolate a marrón oscuro cuando está fresco, con especies de color marrón rojizo, a veces veteadas con finas rayas de color claro que se oscurecen ligeramente. tiene un grano decorativo, con una textura recta, rayada e interconectada. Tiene un brillo moderado a claro con una estructura de poro moderada a gruesa.
- Olor: Sin olor característico.
- Diámetro de registro40-60 cm, a veces hasta 120 cm; con crecimiento recto y cilíndrico.

- Origen: América del Sur tropical (Brasil, Guayana Francesa, Surinam, Guyana, Venezuela, Colombia y Perú).

2.2.3.2 Investigaciones relacionadas a la evaluación

Felício, De Lima & Braga (2012) determinaron las características anatómicas de *Diplotropis racemosa* (Hoehne) Amshoff:

- Análisis macroscópico:
  - Parénquima axial: visible a simple vista; paratraqueal aliforme confluente predominante, también se producen unilaterales.
  - Radios: visibles a simple vista, no estratificados.
  - Poros: visible a simple vista, porosidad difusa, agrupados en múltiplos de 2 a más; presenta algunos poros obstruidos por la sustancia de color oscuro y, en más pequeña de cantidades una sustancia blanquecina.
- Análisis microscópico
  - Vasos: porosidad difusa; disposición radial típico; predominantes múltiplos de 2, hay pocos solitarios; forma de la sección redondeada; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas; Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares; ancho que varía de 90 a 360 µm (promedio de 230.33 µm); longitud desde 360 hasta 830 µm (promedio 674 µm); por mm^2 desde 3 hasta 6 (promedio 4.20).
  - Fibras: libriforme; longitud que van desde 1.490 a 2.450 µm (promedio de 1.984 µm); ancho de lumen desde 0,84 a 3.92 µm (promedio de 1.79 µm); grosor de pared extendiéndose de 5,88 a 12.04 µm (promedio de 9.45 µm).
  - Parénquima axial: Paratraqueal aliforme confluente aleta gruesa, también se produce unilateral.
  - Radios: células procumbentes con una fila de células marginales erectas y/o cuadradas; radios no estratificados; longitud en micrómetros desde 350 la 870 µm (promedio 559.33 µm); longitud de número de células que van desde 11 a 31 (promedio de 17.87); Ancho en micrómetros que van desde 30 a 80 µm (media 49 µm);

ancho en número de células que van desde 2 a 4 (promedio de 2.77).

2.3 Definición de términos básicos

Albura: Es la parte activa del xilema, que en el árbol vivo, contiene células vivas y material de reserva (IAWA, 1964).

Anatomía de la madera: Es el estudio de las características organolépticas y elementos anatómicos que conforman la estructura macroscópica, microscópica o sub microscópica de la madera (NORMA TÉCNICA PERUANA 251.001.2003).

Anillos de crecimiento: Son nuevas células que se originan a lo largo de la vida de la madera. Si cortamos la madera de forma transversal, los anillos de crecimiento son las diferentes circunferencias con diversidad de tamaños y colores que aparecen en la madera (MÓDULO I: APROXIMACIÓN INICIAL AL MATERIAL MADERA).

Bosque: Es la comunidad vegetal natural o cultivada (plantación forestal) en donde predominan especies leñosas referidas a determinada superficie del suelo (NTP - INDECOPI 251.001.2003).

Características macroscópicas: Son aquellas que se observan a simple vista o con el uso de una lupa de aumento de 10x (NTP –INDECOPI 251.001.2003).

Características microscópicas: Son aquellas cuya observación requiere de grandes aumentos, es decir, que es necesario el uso del microscopio para su detección (Lluncor, 2011).

Características organolépticas: Son las que pueden ser percibidas por los órganos de los sentidos, tales como color, sabor, brillo, grano, olor y textura (NTP –INDECOPI 251.001.2003).

Célula: Es la cámara o compartimiento que por lo menos durante cierto tiempo, está prevista de protoplasma. Constituye la unidad estructural de los tejidos de las plantas (NTP - INDECOPI 251,001, 1989).

Duramen: capas internas de la madera, sin células vivas y en el cuál el material de reserva (almidón), ha sido removido o constituido en sustancias del duramen (IAWA, 1964).

Especie: Población o serie de poblaciones de organismos que pueden cruzarse libremente entre ellas, pero no con los miembros de otras especies (FAO/IUFRO, 2002).

Fuste: Es la parte del árbol comprendida entre la raíz y las primeras ramificaciones (NTP –INDECOPI 251.001.2003).

Fuste comercial: Parte del tronco de un árbol, comprendido entre el cuello de la raíz y la primera rama (NTP –INDECOPI 251.001.2003).

Grano: Disposición en dirección longitudinal de los elementos constitutivos de la madera. Se expresa como recto, oblicuo o entrecruzado (UNALM e INRENA, 2008).

Madera: Desde un punto de vista anatómico, el término madera se define de un modo más complejo: “conjunto de tejidos del xilema que forman las raíces, el tronco y las ramas de los vegetales leñosos, excluyendo la corteza” (MÓDULO I: APROXIMACIÓN INICIAL AL MATERIAL MADERA).

Planos anatómicos de corte: Por tratarse de un organismo heterogéneo constituido por células dispuestas y organizadas en diferentes direcciones, el aspecto de la madera varía de acuerdo con la sección observada. Para estudios anatómicos se adoptan los siguientes planos convencionales de corte (Giménes, Moglia y Hernandez, 2005).

- Corte Transversal (X): perpendicular al eje del árbol.
- Corte Radial (R): paralelo a los radios o perpendicular a los anillos de crecimiento.

- Corte Tangencial (T): tangencial a los anillos de crecimiento o perpendicular a los radios.

Troza: Sección o parte del fuste o tronco de un árbol libre de ramas, de longitud variable, obtenida por cortes transversales, UNALM & INRENA (2008).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

Los métodos utilizados fueron experimental y descriptivo. Experimental porque se utilizaron las especies y los niveles longitudinales del fuste para describir y comparar las características macroscópicos y microscópicos cuantitativos de la madera de *Brosimum rubescens Taub*. (palisangre), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro), *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro). Descriptiva porque se describió y comparó las características anatómicas macroscópicos y microscópicos de tipo cualitativo de la madera de las tres especies forestales.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población estuvo conformada por todos los árboles de las siguientes especies: *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro), *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro), de la Concesión Forestal del Grupo de Inversiones N&H S.R.L. Nº 25-PUC/C-DE-CPC/001-13, con DAP (Diámetro a la altura de pecho) mayor de 30 cm.

3.2.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por tres (3) árboles por cada especie (Comisión Panamericana de Normas Técnicas- COPANT 458) haciendo un total de 9 árboles. El tipo de muestreo utilizado en la selección de la muestra fue el aleatorio simple, dentro de los árboles con buenas características fitosanitarias, de la Concesión Forestal del Grupo de Inversiones N&H S.R.L. Nº 25-PUC/C-DE-CPC/001-13.

3.3 Procedimiento de recolección de datos

3.3.1 Ubicación del lugar de extracción de árboles

Los arboles fueron extraídos de la Concesión Forestal del Grupo de Inversiones N&H S.R.L. Nº 25-PUC/C-DE-CPC/001-13, POA 05 – PCA 05-

Frente 1, que tiene un área de 2500 hectáreas y está ubicada geográficamente en el Distrito Callería, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali. A una distancia de 60 Km. de Pucallpa (en línea recta). A 6 horas por vía fluvial en época de creciente del Río Utuquinia y a 3.5 horas multimodal (por vía terrestre y fluvial).

La Tabla 01 muestra las coordenadas UTM de la superficie de la Concesión Forestal N&H S.R.L. Nº 25-PUC/C-DE-CPC/001-13, POA 05 – PCA 05-Frente 1.

Tabla 01. *Coordenadas UTM del PCA 05 frente 1.*

Puntos	Este	Norte
P1	573845	9114400
P2	576791	9118905
P3	575730	9120851
P4	579991	9120851
P5	579670	9120656
P6	579670	9117818
P7	580409	9114400

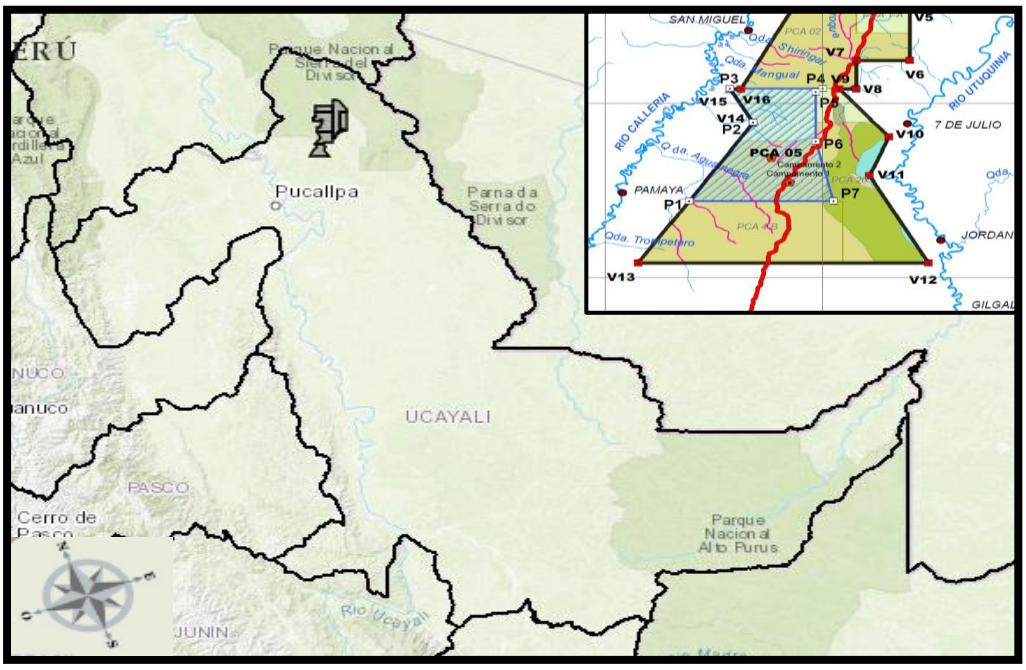

Figura 9. Mapa de ubicación de la Concesión Forestal y del PCA 05. (**Fuente: SISFOR-OSINFOR)**

3.3.2 Selección y georreferenciación de los árboles

Se seleccionaron tres (3) árboles por cada especie, de *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) y *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro), tomando en cuenta el estado fitosanitario y algunas características dasométricas, como diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura comercial de los árboles, según la norma NTP 251.008. Las coordenadas UTM de cada árbol se muestran en la Tabla 02.

Tabla 02. *Coordenadas geográficas, DAP y altura comercial de las tres especies.*

Especies	Nº de árbol	COORDENADAS		Dap (cm)	Alt. Com (m)
		ESTE	NORTE		
B. rubescens. (palisangre)	Pls 1	577755	9116043	77	14
	Pls 2	578167	9116534	72	13
	Pls 3	578078	9116519	64	10
C. glabrum (almendro)	Alm 1	577614	9114992	120	15
	Alm 2	577837	9115049	98	14
	Alm 3	578045	9114542	95	14
D. racemosa (chontaquiro)	Chq 1	577645	9114570	58	12
	Chq 2	578164	9114760	62	16
	Chq 3	578382	9116002	78	14

3.3.3 Talado y trozado

Se talaron los nueve (9) árboles previamente codificados por su orientación cardinal. Para el trozado del fuste se siguió el esquema de trozado. (Tomado de la Norma ISO 4470 – 1982) (figura 10).

- **Codificado de trozas**

  Las trozas fueron codificadas teniendo en consideración la especie, el N° del árbol y los niveles longitudinales del fuste (NTP 251.008). La codificación se hizo de la siguiente manera:

  - **Letras que representen a la especie**: Palisangre= Pls, Almendro= Alm, Chontaquiro= Chq.
  - **Nº de árbol**: Indica el Nº del árbol (1, 2 y 3).

- **Nivel longitudinal del fuste**: Representada por la primera letra de cada nivel (Ápice= A, Medio= M, Base= B).

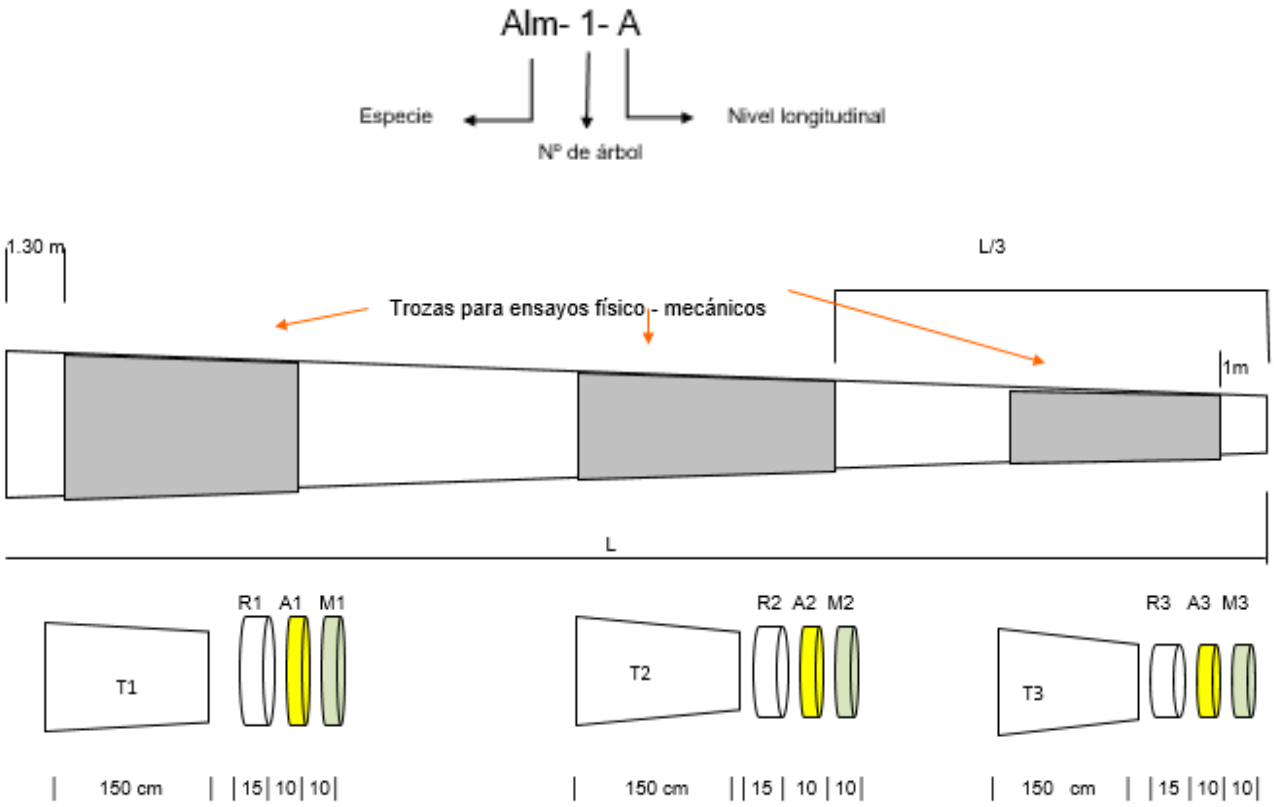

Figura10. Esquema de trozado del fuste (Norma ISO 4470-1982)
Fuente: protocolo de campo para la selección y colección de muestras para la caracterización anatómica y de propiedades físicas, mecánicas, químicas y tecnológicas de la madera.

R1, R2 y R3= Rodajas transversales para probetas de propiedades físicas.

A1, A2 y A3= Rodajas transversales para material de estudios anatómicos.

M1, M2 y M3= Rodajas o discos para muestras de la sección transversal del fuste.

T1, T2 y T3 = Trozas para probetas de propiedades mecánicas.

3.3.4 Identificación botánica de las tres especies

Se recolectaron muestras botánicas con hojas, flores y frutos, luego fueron procesados de acuerdo a la Norma COPANT 458. La identificación final estuvo a cargo del Herbario Regional del Instituto Veterinario de

Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3.3.5 Transporte de las trozas

El transporte de las trozas se hizo por vía fluvial, desde la concesión hasta el puerto del aserradero del Grupo de Inversiones N&H S.R.L. y por vía terrestre hasta el patio de trozas del taller carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.3.6 Preparación de ensayos

3.3.6.1 Obtención de rodajas

Se cortaron las trozas obteniendo rodajas de 15 cm de espesor por nivel longitudinal siguiendo el esquema de la Norma ISO 4470 – 1982 (Figura 10). Las rodajas obtenidas fueron codificadas siguiendo la codificación de las trozas haciendo fácil su identificación.

- **Codificación de las rodajas**

  Cada rodaja se codificó de la siguiente manera:

  - **Letras que representen a la especie:** Palisangre= Pls, Almendro= Alm, Chontaquiro= Chq.
  - **Nº de árbol:** Indica el Nº del árbol.
  - **Nivel longitudinal de la Rodaja:** Está representada por la primera letra de cada nivel (Ápice= **A**, Medio= **M**, Base= **B**).



3.3.6.2 Elaboración de probetas para características microscópicas

Las rodajas antes de ser procesadas fueron orientadas cardinalmente (sur y norte) y fueron codificadas de la medula a la corteza. Después de

haber marcado las rodajas se maquinaron según las normas establecidas (Norma ASTM D-5536-99) para la preparación de las propiedades físicas y caracterización anatómica de la madera (figura 11).

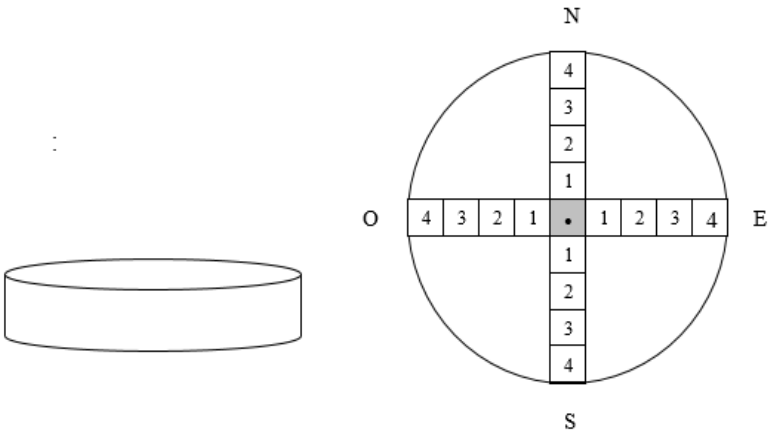

Figura 11. Método de corte cruciforme de rodajas

Las dimensiones se hicieron según las medidas estipuladas en la norma COPANT 30.1.19, preparando probetas con dimensiones de 25 mm x 25 mm x 25 mm. y con los planos de corte bien definidos (transversal, radial y tangencial).

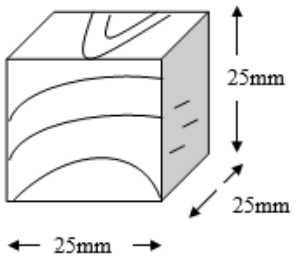

***Figura 12*.** Dimensiones de la probeta

- **Codificación de las probetas**

  Cada probeta será codificada de la siguiente manera:

  - **Letras que representen a la especie:** Palisangre= Pls, Almendro= Alm, Chontaquiro= Chq.
  - **Nº de árbol:** Indica el Nº del árbol.
  - **Nivel de la Rodaja:** Está representada por la primera letra de cada nivel (Ápice= A, Medio= M, Base= B).

- **Orientación cardinal: R**epresentada por la primera letra según la orientación (Norte= N, Sur= S)
- **Nº probeta:** Enumerada de acuerdo al método cruciforme.

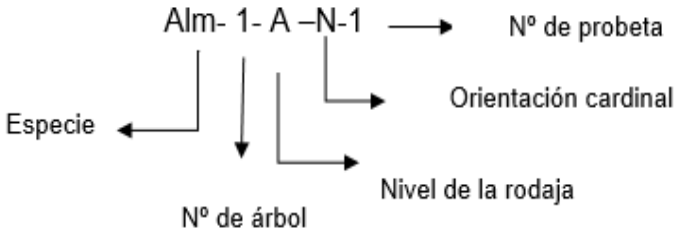

Tabla 03. *Número de Probetas por especie.*

Especie	Niveles	Arboles 1		2		3		Total de probetas Por nivel
		N	S	N	S	N	S	
	A	4	4	4	4	4	4	24
B. rubscens	M	4	4	4	4	4	4	24
(palisangre)	B	4	4	4	4	4	4	24
	Total	24		24		24		**72**
	A	4	4	4	4	4	4	24
C. glabrum	M	4	4	4	4	4	4	24
(almendro)	B	4	4	4	4	4	4	24
	Total	24		24		24		**72**
	A	4	4	4	4	4	4	24
D. racemosa	M	4	4	4	4	4	4	24
(chontaquiro)	B	4	4	4	4	4	4	24
	Total	24		24		24		**72**

N=Norte, S= Sur

3.3.6.3 Preparación de probetas para características macroscópicas

Se maquinaron 3 probetas por nivel de longitudinal del fuste de cada árbol con los planos de corte bien definidos, obteniendo un total de 27 probetas de medidas de 5cm x 5cm x 6.3cm, según la Norma ASTM D143 – 94. También se lijaron 9 rodajas una por cada árbol y tablas de los estudios de trabajabilidad.

3.3.7 Ejecución de ensayos

El estudio se realizó en el ambiente del Laboratorio de Anatomía de la Madera, de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicada en la carretera Federico Basadre Km. 6,200, Distrito de Callería, Provincia Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

3.3.7.1 Descripción macroscópica

Se determinaron las características macroscópicas (usando la norma COPANT 30.1.19) de acuerdo al nivel de rodaja y de probeta.

a. A nivel de rodaja

- **Diferencia entre albura y duramen**, se observaron las diferencias de color entre estas y se determinó la proporción de albura con respecto al total de la sección transversal.
- **Transición de color entre la albura y el duramen**; se observó la diferencia marcada entre la albura y el duramen, determinando si la transmisión fue gradual o abrupta. Se utilizó la tabla Munsell de suelos para determinar el color de las partes.

b. A nivel probeta

Para determinar las características macroscópicas se realizó con ayuda de una cuchilla cortes uniformes en la parte de la sección transversal de las probetas de 5cm x 5cm x 6.3 cm y con ayuda de una lupa de mano de 10x observando los poros, radios, parénquima e inclusiones.

Posteriormente con ayuda de un formón se realizó un corte a lo largo de las probetas, teniendo como base referencial los radios, exponiendo el tejido fresco y limpio describiendo el color, olor, sabor, textura, grano, brillo.

Con las probetas del estudio de trabajabilidad de la madera se determinó el veteado.

3.3.7.2 Descripción microscópica

Para la descripción de las características microscópicas se usó la norma COPANT 30.1.19, donde se procesaron las probetas de 25mm x 25mm x 25mm para la obtención de las láminas histológicas y tejido, donde se siguieron los siguientes procedimientos:

a. Láminas histológicas

- **Ablandamiento de las probetas**

Se colocaron las probetas codificadas en vasos de precipitación con agua destilada y colocaron a baño de María a 85º C (para las probetas que no estaban bien orientadas con ayuda de la cuchilla se hicieron cortes para obtener un mejor plano de corte).

Tabla 04. *Tiempo de ablandamiento de las probetas.*

Especie	Tiempo en baño María (días)			Promedio
	Árbol 1	Árbol 2	Árbol 3	
B. rubescens (palisangre)	18	18	18	18
C. glabrum (almendro)	15	15	15	15
D. racemosa (chontaquiro)	20	20	20	20

- **Corte**

una vez ablandadas las probetas se procedió a realizar los cortes histológicos con el micrótomo (calibración en micras) y ayuda de un pincel y glicerina. Se obtuvieron láminas de los tres planos de corte (transversal, radial y tangencial), las cuales se colocaron inmediatamente en placas Petri con alcohol de 30 º.

- **Deshidratación**

Para este proceso se cambiaron las láminas a otra placa Petri con alcohol de 30º para eliminar los residuos existentes. Las láminas colocadas en la placa Petri con alcohol de 30º se dejaron en reposo por 15 minutos, luego se eliminó el alcohol vaciándolo en un recipiente

e inmediatamente agregar el alcohol de 60º, y de igual manera se procedió con el alcohol de 96º.

- **Coloración**

Después de haber eliminado el alcohol de 96º se lavó con agua destilada y posteriormente se agregó alcohol de 60º con 4 gotas de safranina, y para fijar el color se volvió a lavar dos veces consecutivas con alcohol de 96º y se agregó 5 gotas de xilol.

- **Montaje**

Se dispuso de cada lámina para cuadrarlas y darles forma con ayuda del bisturí, seguido se colocó en el porta objetos de acuerdo a los planos de corte transversal, radial y tangencial (en ese orden), luego se agregaron gotas de bálsamo de Canadá y se colocó el cubre objeto sobre las secciones y presionándolas con ayuda de las agujas eliminando el exceso de bálsamo y burbujas de aire. Al finalizar el proceso se etiquetaron con sus respectivos códigos.

Tabla 05. *Total de láminas histológicas por nivel (con tres repeticiones).*

Especie	Niveles	Arboles						Total de probetas Por nivel
		1		2		3		
		N	S	N	S	N	S	
B. rubescens (palisangre)	A	12	12	12	12	12	12	72
	M	12	12	12	12	12	12	72
	B	12	12	12	12	12	12	72
	Total	72		72		72		**216**
C. glabrum (almendro)	A	12	12	12	12	12	12	72
	M	12	12	12	12	12	12	72
	B	12	12	12	12	12	12	72
	Total	72		72		72		**216**
D. racemosa (chonaquiro)	A	12	12	12	12	12	12	72
	M	12	12	12	12	12	12	72
	B	12	12	12	12	12	12	72
	Total	72		72		72		**216**

N=Norte, S= Sur

- **Secado de láminas**

Se llevaron las láminas del árbol 1 de la especie de almendro (Alm1) a la estufa a 50ºC colocando pesas de plomo encima de los tres planos de corte para eliminar el exceso de bálsamo y burbujas de aire por el tiempo de 3 días. Para los demás árboles de almendro (Alm2 y Alm3), palisangre (Pls1, Pls2 y Pls3) y chontaquiro (Chq1, Chq2 y Chq3) se dejaron secar al aire libre, también con el método de las pesas de 7 - 8 días.

Finalmente se limpiaron los residuos de bálsamo de las láminas con ayuda de un bisturí y pañitos húmedos de alcohol.

b. Tejido macerado

Para este proceso se necesitaron astillas de la madera, que se colocaron en vasos de precipitación con solución de ácido nítrico a 33% y que fueron llevadas a la estufa a 60ºC has que las astillas quedaron decoloradas (de un color blanquecino), seguido se lavaron con agua destilada 3 veces evitando que no botar las astillas, luego en una placa Petri vaciar solución de alcohol de 30º y traspasar las astillas. Finalmente, la deshidratación, coloración y montaje fueron iguales a los empleados para la preparación de las láminas, el secado fue al aire libre también 7 – 8 días.

Ya listas las láminas histológicas y de tejido macerado se inició con la toma de datos cualitativos de la madera con ayuda de un microscopio con cámara integrada con los aumentos 4x, 10x y 40x. Asimismo las mediciones de las características microscópicas cuantitativas se realizaron con ayuda del microscopio con cámara incorporada y sofware a un aumento de 10x, tales características fueron: Poros y/o vasos (porosidad, tamaño de poros, forma, agrupación, disposición), parénquima, radios, punteaduras, inclusiones, fibras (se observarán mejor en tejido macerado), platina de perforación, diámetro de poros, ancho, altura y frecuencia de radios de radios, longitud

de elementos vasculares, número de elementos vasculares (frecuencia), longitud de fibras, grosor de la pared de las fibras.

- Grosor de la pared de fibras: $e = (Dt-Dl)/2$

  donde:

  e: espesor o grosor de las paredes de las fibras

  Dt: diámetro total de la fibra

  Dl: diámetro del lumen de la fibra

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para el talado se utilizó la técnica conocida a 50cm del suelo. En el manejo de las trozas se utilizó el tratamiento profiláctico de extremo pintado. En la elaboración de probetas microscópicas se utilizó el método cruciforme. Para el ablandamiento de las probetas para características microscópicas se utilizó la técnica de agua caliente por baño maría.

Los instrumentos utilizados en el lugar de extracción fueron las fichas de datos de campo del árbol, ficha de datos de campo de la troza (Anexo 3). En laboratorio se utilizaron formatos de descripción macroscópica, formatos de descripción microscópica cualitativa y formatos datos microscópica cuantitativa (Anexo 4).

3.5 Procesamiento para la recolección de datos

Con los datos cualitativas de los formatos establecidos se procedió con la descripción y redacción de las características macroscópicas y microscópicas de las tres especies forestales. Con los datos cuantitativos obtenidos en la medición de los elementos microscópico se ordenaron por especie, número de árbol y por nivel longitudinal del fuste en programa Excel y finalmente procesados en el programa estadístico Minitab 16.

3.6 Tratamiento de datos

Para determinar la variación de las características anatómicas cuantitativas entre niveles longitudinales del fuste y entre especies, se utilizó el análisis de la varianza de 2 factores(AV2), siendo:

Factor 1: Especies

Factor 2: Niveles del fuste con 3 variantes

Nº de tratamientos: 3 x 3 = 9

Nº de repeticiones: 3

Unidad experimental: árboles

Para determinar la significancia entre los niveles longitudinales del fuste de la misma especie se utilizó el AV1 (Análisis de varianza de un factor) y para determinar entre que niveles de una misma especie y entre que especies existen diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey, con significancia de 0,05.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de características macroscópicas cualitativas

Tabla 06. *Características macroscópicas cualitativas de las tres especies*.

Especie	Albura y Duramen	Anillos de crecimiento	Brillo	Olor	Sabor	Textura	Grano	Veteado	Poros	Porosidad	Parénquima	Radios
B. rubescens Taub. (palisangre)	Color amarillento (2.5 YR 7/6), Color rojizo (10 R 4/8)	No diferenciados	Medio	No definido	-	Fina	Entrecruzado	Arco superpuestos	Solitarios y múltiples (lupa de 10x)	Difusa	Paratraqueal (lupa de 10x)	Finos
C. glabrum (Aubl) Pers. (almendro)	Poco diferenciados de color rosado (10 YR 8/4)	No diferenciados	Medio	Característico	-	Media a gruesa	Entrecruzado	Bandas paralelas	Solitarios y múltiples (lupa de 10x)	No se distingue	No se distingue	Medios
D. racemosa (hoehne) Amshoff. (chontaquiro)	Color amarillento (5 Y 8/6), Color Marrón (10 YR 4/6)	No diferenciados	Medio	Característico	-	Gruesa	Entrecruzado	Arco superpuestos	Solitarios y múltiples (simple vista y lupa de 10x)	Difusa	Paratraqueal (lupa de 10x)	Medios

Para la madera de la especie *Brosimum rubescens Taub*. (palisangre) se encontraron características similares a las encontradas por León (2015). Aróstegui et al. (1981) y Carbajal (2012) describieron a la madera de *Caryocar glabrum* (Aubl) Pers. (almendro) con características macroscópicas similares a las determinadas en la evaluación. Para *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) Felício et al., (2012) también encontró características similares a las determinadas en la evaluación.

A lo largo del fuste no se encontraron diferencias en las características macroscópicas cualitativas para las tres especies. Por lo que se determinó que no hay variación en los tres niveles longitudinales.

4.2 Determinación de características microscópicas cualitativas

4.2.1 ***Brosimum rubescens Taub***. (palisangre)

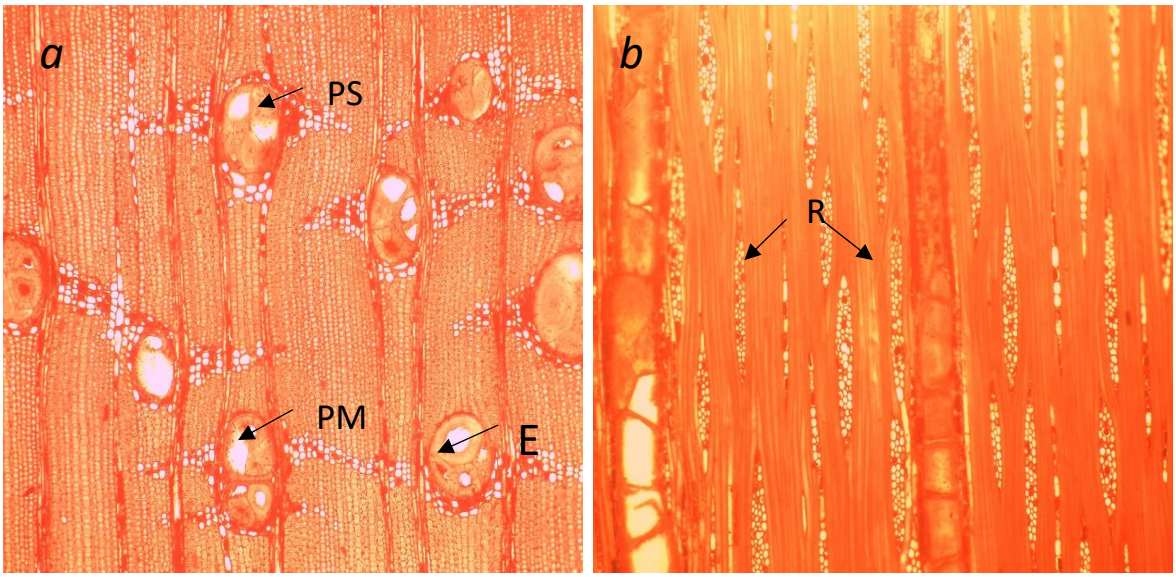

Figura 13. *a*) Poros solitarios (PS) y múltiples (PM) con parénquima paratraqueal confluente aliforme (ala fina), presencia de esclerotílides (E) en los poros. *b)* Radios (R) no estratificados, uniseriados y multiseriados.

Poros solitarios y múltiples de 2-3 predominantes, también se encuentran poros múltiples de 4-6 con menor predominancia, no tienen un patrón definido en su disposición (Figura 13 a). Parénquima paratraqueal aliforme y aliforme confluente predominante (alas finas) (Figura 13 a).

La especie *de B. rubescens* Taub. presenta abundante esclerotílide (Figura 13 a y b) como característica importante para su identificación. León (2015) encontró en la misma especie características microscópicas similares a las del presente estudio, sin embargo, también se encontraron diferencias marcadas como la presencia de cristales en vasos y radios cuyos elementos no se presenciaron en el estudio y con respecto a los radios no se encontraron radios mayores de 2 rutas de células marginales.

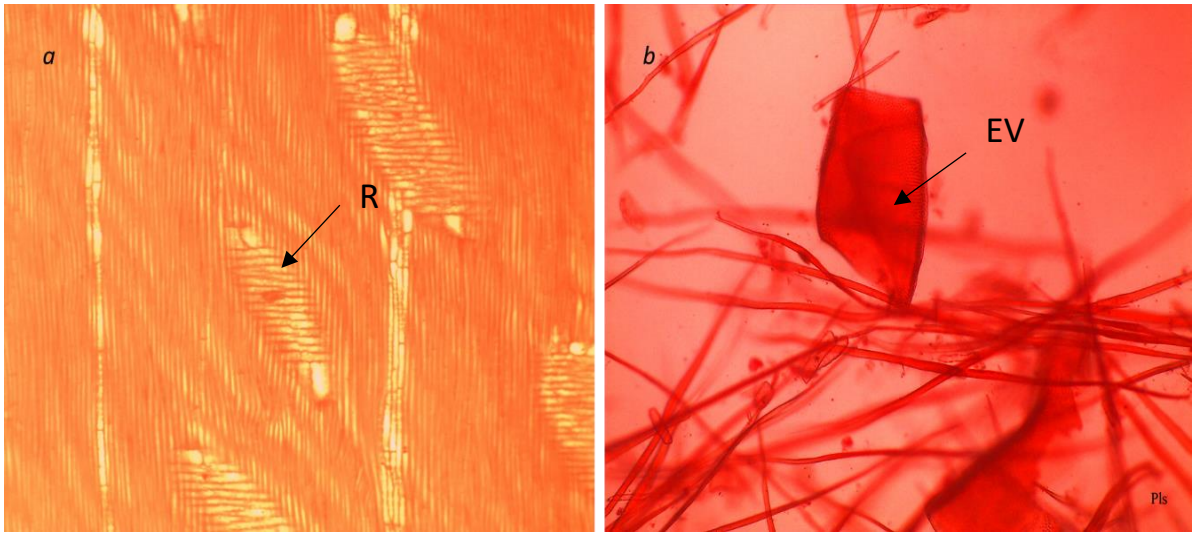

Figura 14. *a)* Radios (R) con células procumbentes y marginales (plano radial)**.** *b)* Elemento vascular (EV) y fibras (tejido macerado).

Radios uniseriados y multiseriados de 3 a 4 células de ancho, según su composición tiene predominancia de radios de cuerpo celular tipo procumbentes con una o dos rutas de células marginales del tipo erecta y con menor predominancia radios constituidos solo por células erectas, según clasificación establecida por IAWA Committe (1989). (Figura 13 b y Figura 14 a). Radios no estratificados. León (2015) encontró células comas de cuatro rutas de células marginales.

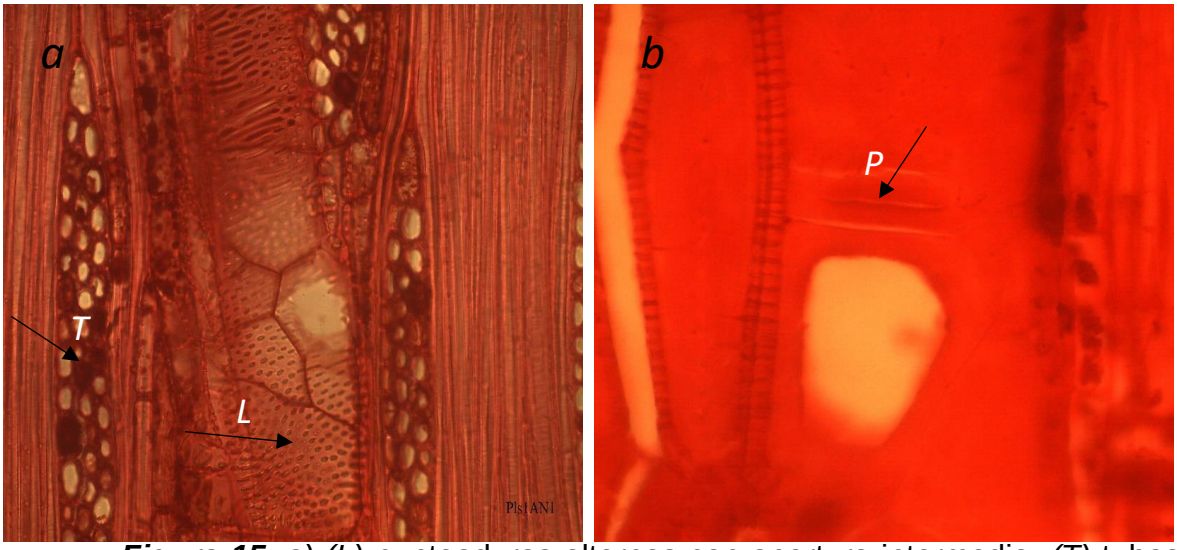

Figura 15. *a) (L)* punteaduras alternas con apertura intermedia*, (T)* tubos laticíferos, *b) (P)* platina de perforación.

Los elementos vasculares presentan punteaduras alternas y platina de perforación simple (Figura 15 a y b), presencia de tubos laticíferos (Figura 15 a) mismas características encontradas por León (2015).

4.2.2 *Caryocar glabrum* (Aubl) Pers. (almendro)

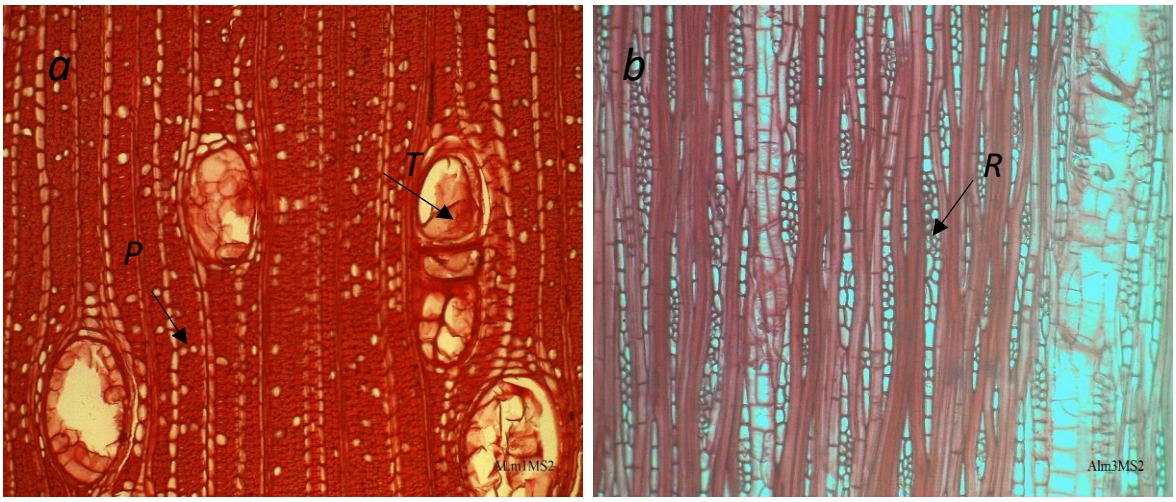

Figura 16. *a)* Poros solitarios y múltiples, parénquima reticular y vacicéntrico**,** presencia de tilosis (*T*), parénquima (P). *b)* Radios no estratificados, con células procumbente y marginales mezcladas y radios con puras células marginales (R).

La especie *C. glabrum* (Aubl) Pers. presenta poros solitarios y múltiples de 2-3 predominantes (Figura 16 a), encontrándose poros múltiples de 4-5 pero con menos predominancia, patrón no definido en su disposición. Parénquima

paratraqueal vacicéntrico y apotraqueal reticular predominante el mismo encontrado por Aróstegui et al. (1981) y difiriendo con Carbajal (2012) quien encontró parénquima paratraqueal en bandas para la misma especie.

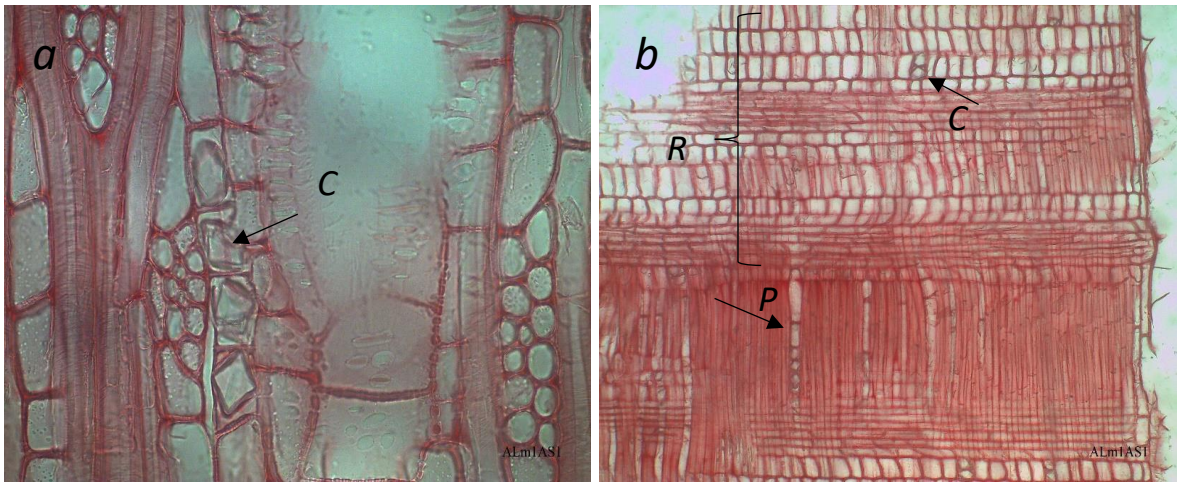

Figura 17. a) Presencia de cristales en el parénquima (*C*). b) Corte radial, presencia de cristales en radios (*C)* y parénquima (*P),* Radio (R).

Según la clasificación establecida por IAWA Commitee (1989) los radios de la especie *C. glabrum* (Aubl) Pers. se clasifican en radios uniseriados, biseriados y multiseriados de 3-4 células de ancho (Figura 16 b), con respecto a su composición poseen radios con células procumbentes, cuadradas y erectas mezcladas a través de todo el cuerpo del radio radios constituidos solamente por células cuadradas y erectas (Figura 16 b y 17 b), sin embargo, Carbajal (2012) encontró solamente radios uniceriados para la misma especie.

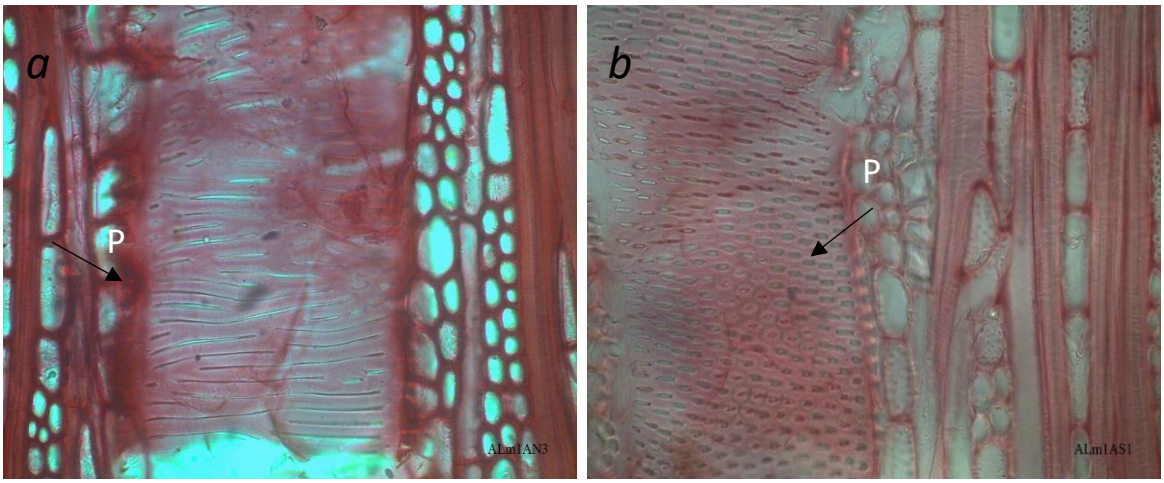

Figura 18. a) Punteadura escaliforme (P). b) Punteadura opuestas y alternos con abertura intermedia (P).

Los elementos vasculares presentan punteadura del tipo escalariformes y alternas con abertura intermedia con mayor frecuencia (figura 18 a y b). Se observó presencia de cristales en el parénquima y radios (romboidales y poligonales) (Figura 17 a y b) también encontradas por Valderrama (2014) para la misma especie.

4.2.3 *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro)

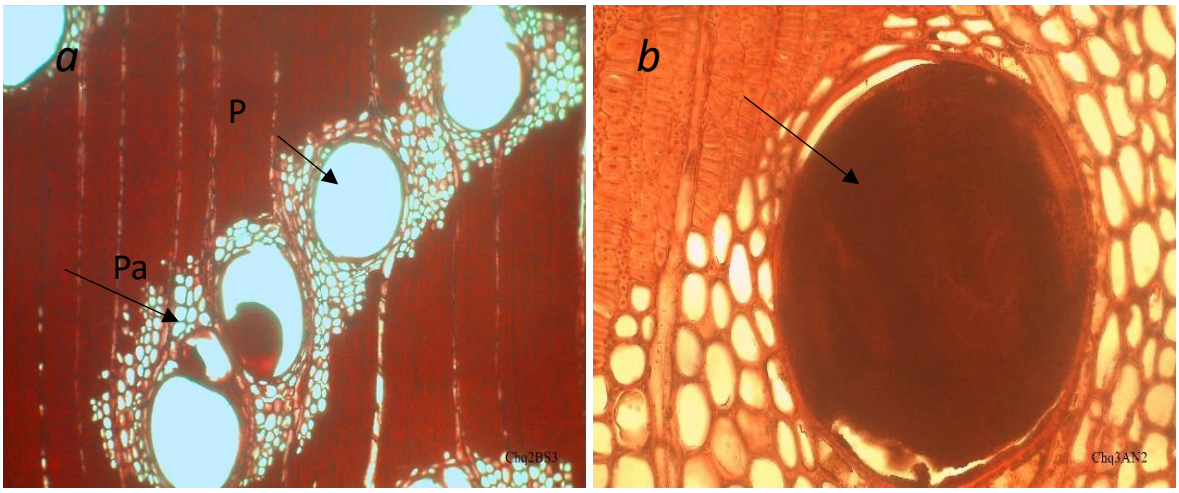

Figura 19. a) Parenquima paratraqueal aliforme (Pa), Poro (P). *b)* Poro obstruido por sustancia oscura.

Poros solitarios y múltiples de 2-3 predominantes (Figura 19 a), también se encontraron poros múltiples de 4-5 hasta poros múltiples de 10 y poros agrupados, obstrucción de poros por sustancia oscura (Figura 19 b) y en menor cantidad sustancia blanquecina. Porosidad difusa con disposición ulmoide según la clasificación de Berañao et al., Parénquima paratraqueal aliforme, aliforme confluente con predominancia, también se presentan unilaterales, mismas características encontrados por Felício et al., (2012) para *D. racemosa*. (hoehne) Amshoff.

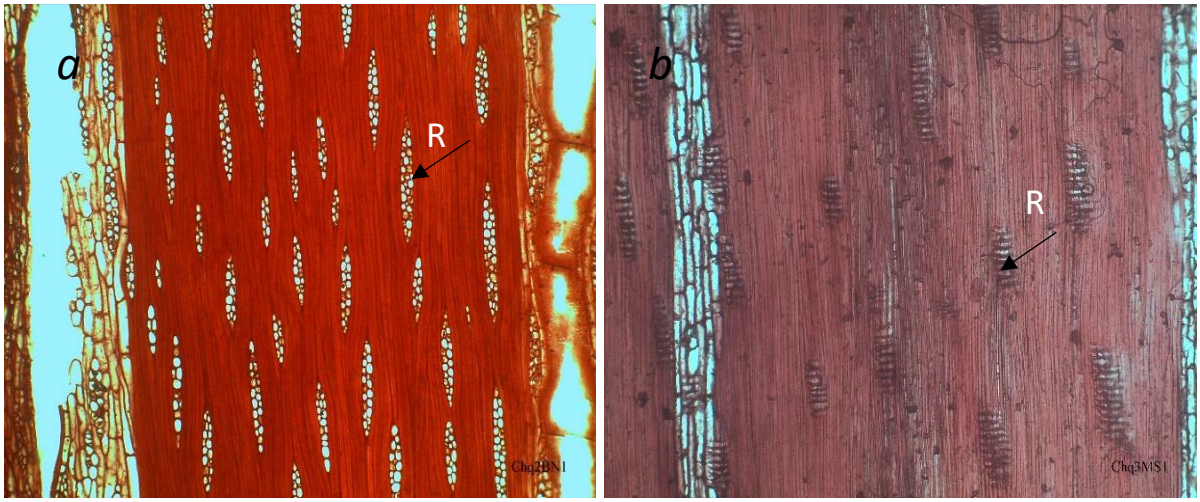

Figura 20. *a)* Radios no estratificados biseriados (R) (plano tangencial). *b)* Radios con células procumbentes (R) (plano radial).

Según la clasificación establecida por IAWA Commitee (1989) los radios encontrados se clasifican en radios biseriados con predominancia y radios uniseriados, por su composición los radios están constituidos sólo por células procumbentes (Figura 20 a y b). Felício et al. (2012) menciona que también encontró células marginales y/o cuadradas células que no se encontraron en la evaluación.

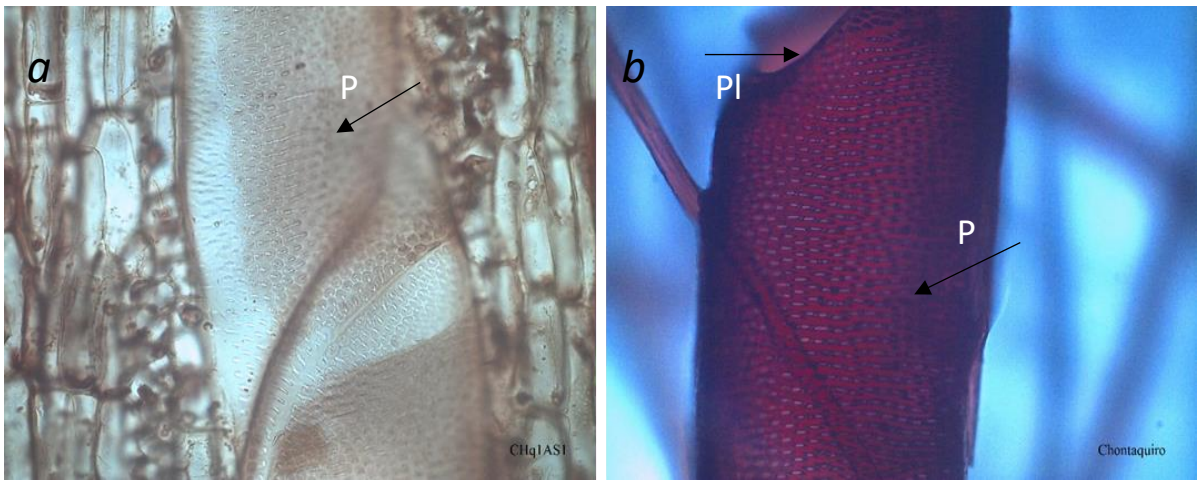

Figura 21. *a)* Punteaduras alternas con abertura intermedia. *b)* Punteaduras opuestas y alternas, platina de perforación simple.

Elementos vasculares presentan punteaduras alternas y platina de perforación simple, mismas características encontradas por Felício et al. (2012) para *D. racemosa*. (hoehne) Amshoff.

Se determinó que no existe variación de las características microscópicas cualitativas a lo largo de los tres niveles longitudinales del fuste de la madera de las tres especies.

4.2 Determinación de características microscópicas cuantitativas

4.3.1 Diámetro de poros

Tabla 07. *Datos estadísticos del diámetro de poros (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Especie	Nivel	Media (µm)	Mínimo (µm)	Máximo (µm)	S	CV%
B. rubescens (palisangre)	A	207,71	102,00	530,00	16,08	7,92
	M	216,21	107,00	753,00	15,64	7,70
	B	185,06	99,6	370,00	20,94	10,32
	Promedio	202,99	99,6	753,00	21,66	10,67
C. glabrum (almendro)	A	253,59	110,00	453,00	26,77	10,59
	M	255,37	110,00	476,00	28,39	11,23
	B	249,71	102,00	429,00	16,4	6,49
	Promedio	252,89	102,00	476,00	23,6	9,33
D. racemosa (chontaquiro) .	A	277,56	146,00	538,00	24,82	9,21
	M	274,84	108,00	429,00	31,44	11,66
	B	256,24	118,00	442,00	12,64	4,69
	Promedio	269,55	108,00	538,00	25,66	9,36

S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación.

La Tabla 07 muestra los valores promedios del diámetro de poros de la madera y los parámetros de dispersión, tanto por especies y por niveles longitudinales del fuste.

Según la clasificación establecida por IAWA Committe (1989) la madera de la especie *C. glabrum* (Aubl.) (252,89 µm), *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (269,55 µm) y *B. rubescens* Taub se encuentran en la categoría de poros con diámetro mayor de 200 µm.

La madera de la especie *B. rubescens* Taub, a lo largo de todo el fuste tiene diámetro de poros un promedio de 202,89 µm que varían de 99,6 - 753 µm valores obtenidos mayores a los determinados por León (2015) con un promedio de 156,31 µm variando de 85-260 µm. Aróstegui et al. (1981)

determinó un promedio en el diámetro de poros de 172 µm de la especie *C. glabrum* (Aubl) y Carbajal (2012) con 147,67 µm de promedio variando de 118 – 196 µm, mientras que en el estudio se determinaron los valores promedio de 252,89 µm que varían de 102-476 µm. Para la madera de *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. se determinó un promedio de 269,55 µm variando de 108-538 µm, donde Felício et al. (2012) encontró valores de 230,33 µm de promedio, con un mínimo y máximo de 90 – 360 µm.

Tabla 08. *Análisis de varianza del diámetro de poros de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste*.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Especies	2	64778	32389,1	64,81	0,000*
Niveles	2	5417	2708,3	5,42	0,006*
Interacción sp x niv	4	1825	456,2	0,91	0,461^{ns}
Error	72	35982	499,8		
Total	80	108002			

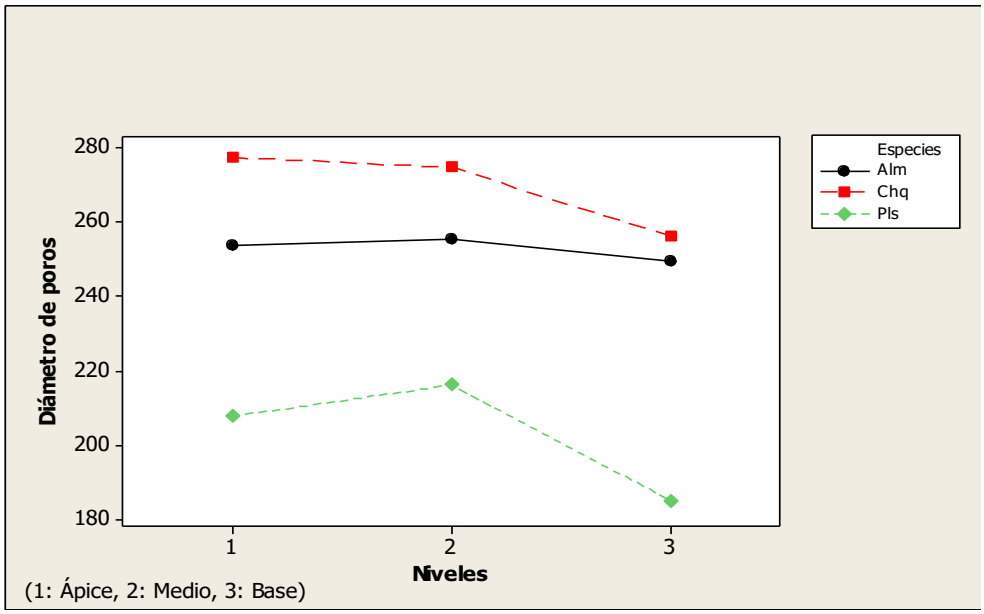

Figura 22. Interacción del diámetro de poros por nivel longitudinal del fuste de las tres especies

La Tabla 08 muestra el análisis de varianza del diámetro de poro, donde se observa que existen diferencias significativas entre el diámetro de poros por especie y por niveles longitudinales del fuste, tal como lo ilustra la figura 22.

Para determinar entre que especies y entre que niveles se encuentran diferencias significativas, se realizaron las pruebas de Tukey respectivas.

Tabla 09. *Prueba Tukey para diámetro de poros entre las tres especies.*

Especies	Media	Tukey (0,05)
D. racemosa (Chq)	269,55	*A*
C. glabrum (Alm)	252,89	*B*
B. rubescens (Pls)	202,99	*C*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 09 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para el diámetro de poros de la madera por especies, poniendo en evidencia que los diámetros de poros son de tamaño diferentes en las tres especies, resultando con mayor tamaño los poros de la madera de *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) con 269,55 µm, seguido de la madera de *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro) con 252,89 µm y finalmente el que presenta los poros más pequeños *B. rubescens* Taub) (palisangre) con 202,99 µm.

Tabla 10. *Prueba de Tukey de diámetro de poros entre niveles longitudinales del fuste.*

Niveles	Media	Tukey (0,05)
M	248,81	*A*
A	246,29	*A*
B	230,34	*B*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 10 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para el diámetro de poros de la madera proveniente de los niveles longitudinales de fuste, poniendo en evidencia que no existe diferencias significativas entre los diámetros de poros de los niveles ápice y medio con 246,29 µm y 248,81 µm, respectivamente, mientras que el nivel basal presenta poros más pequeños 230,34 µm, difiriendo significativamente de los dos niveles ya mencionados.

Tabla 11. *Resumen del análisis de varianza del diámetro de poros por nivel longitudinal del fuste de cada especie.*

Especies	Prueba estadística	P
B. rubescens (palisangre)	ANVA	0,003*
C. glabrum (almendro)	ANVA	0,882^{ns}
D. racemosa (chontaquiro)	ANVA	0,149^{ns}

Con la finalidad de probar si existe diferencia significativa entre los diámetros de los poros por niveles longitudinales del fuste dentro de cada una de las especies, se realizó un análisis de varianza de un factor, para cada una de las especies, encontrándose que los diámetros de los poros difieren significativamente entre las maderas provenientes de niveles del fuste, solo en la especie de *B. rubescens* Taub, (palisangre) (Tabla 11).

Tabla 12. *Prueba Tukey de diámetro de poros entre niveles longitudinales del fuste de la madera de B. rubescens Taub, (palisangre).*

Niveles	Media	Tukey (0,05)
A	216,21	*A*
M	207,71	*A*
B	185,06	*B*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La Tabla 12 presenta el resumen de la prueba de Tukey del diámetro de poros en la madera de *B. rubescens* Taub, (palisangre), mostrando que no existe diferencias significativas entre los diámetros de poro de las maderas de los niveles ápice y medio, mientras que los diámetros de los poros del nivel basal son más pequeños y difieren significativamente de los dos niveles anteriores.

4.3.2 Frecuencia de poros

Tabla 13. *Datos estadísticos de la frecuencia de poros/mm^2 de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Especie	Nivel	Media	Mínimo	Máximo	S	CV%
B. rubescens (palisangre)	A	3,03	2	4	0,78	24,68
	M	3,24	2	6	1,07	33,90
	B	3,27	2	6	0,12	3,80
	Promedio	3,17	2	6	0,99	31,07
C. glabrum (almendro)	A	2,50	1	4	1,26	39,91
	M	2,47	2	4	1,19	37,66
	B	2,87	2	4	1,25	39,53
	Promedio	2,61	1	4	1,23	38,98
D. racemosa (chontaquiro)	A	2,33	1	4	1,50	50,00
	M	3,22	1	6	0,97	32,40
	B	2,25	1	4	1,07	35,63
	Promedio	2,19	1	4	1,16	37,82

S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

La Tabla 13 muestra los valores promedios de la frecuencia de poros de la madera y los parámetros de dispersión, tanto por especies y por niveles longitudinales del fuste.

La madera de la especie *B. rubescens* Taub. presenta una variación de 2-6 poros/mm^2 con un promedio general de 3,17, mientras que León (2015) presenta valores de 5-7 poros/mm^2. *C. glabrum* (Aubl.) muestra una variación de 2-4 poros/mm^2 con un promedio general de 2,61 y con una variación de 4-9 poros/mm^2 presentado por Carbajal (2012). Para *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. se encontraron valores de 1-6 poros/mm^2 con promedio general de 2,19, sin embargo, Felício (2012) determinó un promedio de 4.2 con variación de 3-6 poros/mm^2.

Tabla 14. *Análisis de varianza de la frecuencia de poros de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Especies	2	4,02820	2,01410	12,08	0,000*
Niveles	2	0,34549	0,17274	1,04	0,375^{ns}
Interacción sp. x niv.	4	0,31203	0,07801	0,47	0,759^{ns}
Error	16	3,00227	0,16679		
Total	26	7,68800			

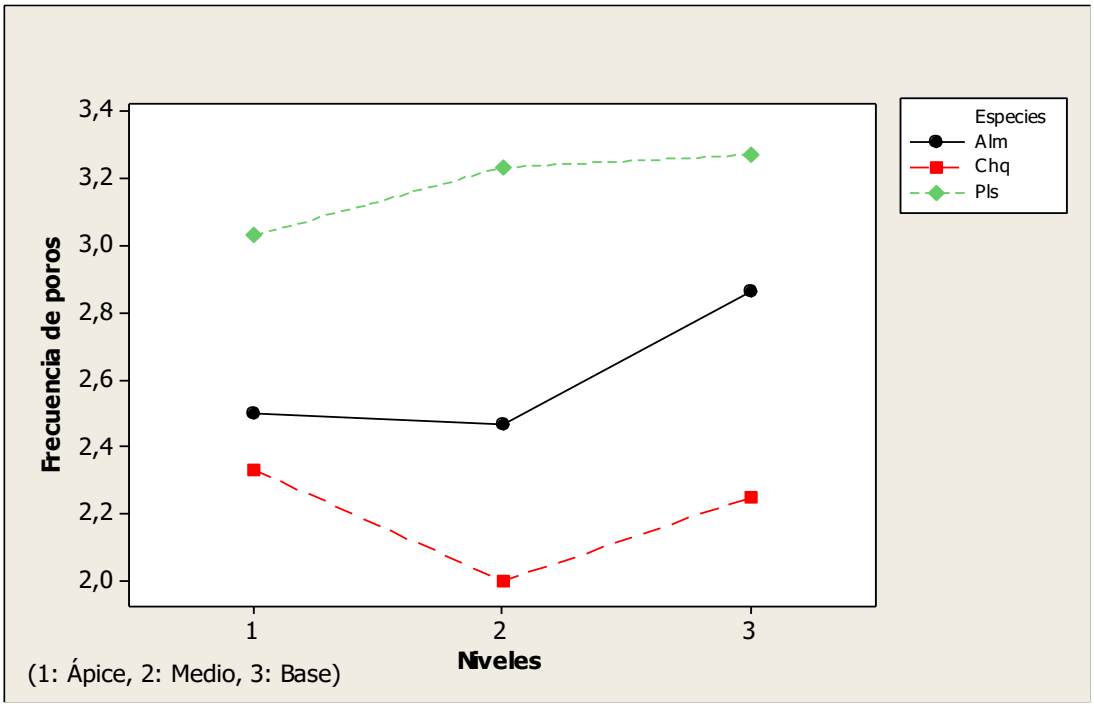

***Figura 23*.** Interacción de la frecuencia de poros por nivel longitudinal del fuste de las tres especies.

La Tabla 14 muestra el análisis de varianza de la frecuencia de poros, donde se observa que existe significancia entre la frecuencia de poros por especie, pero no por niveles longitudinales del fuste tal como lo ilustra la figura 23. Para determinar entre que especies se encuentran diferencias significativas, se realizó la prueba tukey respectiva.

Tabla 15. *Prueba Tukey para frecuencia de poros entre las tres especies.*

Especies	Media	Tukey (0,05)
B. rubescens (Pls)	3,17	*A*
C. glabrum (Alm)	2,61	*B*
D. racemosa (Chq)	2,19	*B*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 15 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para la frecuencia de poros de la madera por especie, poniendo en evidencia que la frecuencia de poros no varía entre las tres especies, resultando que la madera de la especie *B. rubescens* Taub (palisangre) tiene mayor número de poros por mm^2 con 3,17 y que varía de las especies *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro) con 2,61 y *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) con 2,19 que no tienen diferencia significativa.

Tabla 16. *Prueba de Tukey de la frecuencia de poros entre niveles longitudinales del fuste*

Niveles	Media	Tukey (0,05)
M	2,97	*A*
B	2,79	*A*
A	2,62	*A*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 16 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para frecuencia de poros de la madera proveniente de los niveles longitudinales del fuste, poniendo como evidencia que no existe diferencia significativa entre la frecuencia de poros, resultado que la frecuencia de poros fue similar a lo largo del fuste, con un promedio general de 2,79.

Tabla 17. *Resumen del análisis de varianza de la frecuencia de poros por nivel longitudinal del fuste de cada especie.*

Especies	Prueba estadística	P
B. rubescens (palisangre)	ANVA	0,605 ^{ns}
C. glabrum (almendro)	ANVA	0,416 ^{ns}
D. racemosa (chontaquiro)	ANVA	0,906 ^{ns}

ns: no existe diferencias estadísticas significativas, * diferencia significativa.

Con la finalidad de probar si existe diferencia significativa entre la frecuencia de poros por niveles longitudinales del fuste, se realizó un análisis de varianza de un factor, para cada una de las especies, encontrándose que no hay diferencia significativa entre los niveles longitudinales para las tres especies (Tabla 17).

4.3.3 Longitud de elementos vasculares

Tabla 18. *Datos estadísticos de la longitud de elementos vasculares (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Especie	Nivel	Media (µm)	Mínimo (µm)	Máximo (µm)	S	CV%
B. rubescens (palisangre)	A	248,05	111,38	431,65	52,97	22,32
	M	257,59	108,61	471,73	47,12	19,86
	B	206,38	112,34	385,36	32,79	13,82
	Promedio	237,34	108,61	471,73	45,60	19,22
C. glabrum (almendro)	A	563,61	111,00	939,00	97,22	21,76
	M	442,69	142,58	869,00	69,99	14,52
	B	310,44	117,85	591,00	64,86	15,67
	Promedio	438,91	111,00	939,00	118,30	26,48
D. racemosa (chontaquiro) .	A	465,96	241,15	897,69	49,50	11,38
	M	383,73	202,19	627,23	22,32	5,13
	B	455,55	202,55	634,30	52,04	11,96
	Promedio	435,08	202,19	897,69	54,00	12,42

S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

La Tabla 18 muestra los valores promedios de la longitud de elementos vasculares de la madera y los parámetros de dispersión por especies y niveles longitudinales del fuste, así como los promedios generales por especie.

Según la clasificación por IAWA Committe (1989) la especie de *Brosimum rubescens* Taub con un promedio de 237,3 µm se encuentra en la categoría de longitud de elementos vasculares menores de 350 µm, la especie *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. con 435,08 µm y *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers con 438,91 µm se encuentran en la categoría de longitud de elementos vasculares de 350-800 µm.

La madera de la especie *B. rubescens* Taub, presenta a lo largo de todo el fuste un promedio de 237,30 µm con variación de 108,61 - 471,73 µm valores menores a los determinados por León (2015) que obtuvo un promedio de 414,19 µm, variación de 200 - 710 µm. Aróstegui et al. (1981) determinó para *C. glabrum* (Aubl) Pers. un promedio en la longitud de elementos vasculares de 602 µm y Carbajal (2012) promedio de 670 µm variando de 400 - 900 µm, mientras que en el estudio se obtuvieron valores menores con un promedio de

446,70 µm variando de 111,00 - 939,00 µm. Para la madera *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. se determinó un promedio de 435,10 µm con una variación de 202,19-897,69, para Felício et al. (2012) el promedio encontrado fue mayor con 674 µm que varía de 360 - 830 µm.

Tabla 19. *Análisis de varianza de la longitud de elementos vasculares de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste*

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Especies	2	237878	118939	33,88	0,000*
Niveles	2	46613	23307	6,64	0,007*
Interacción sp. x niv.	4	63603	15901	4,53	0,010*
Error	72	63199	3511		
Total	80	411293			

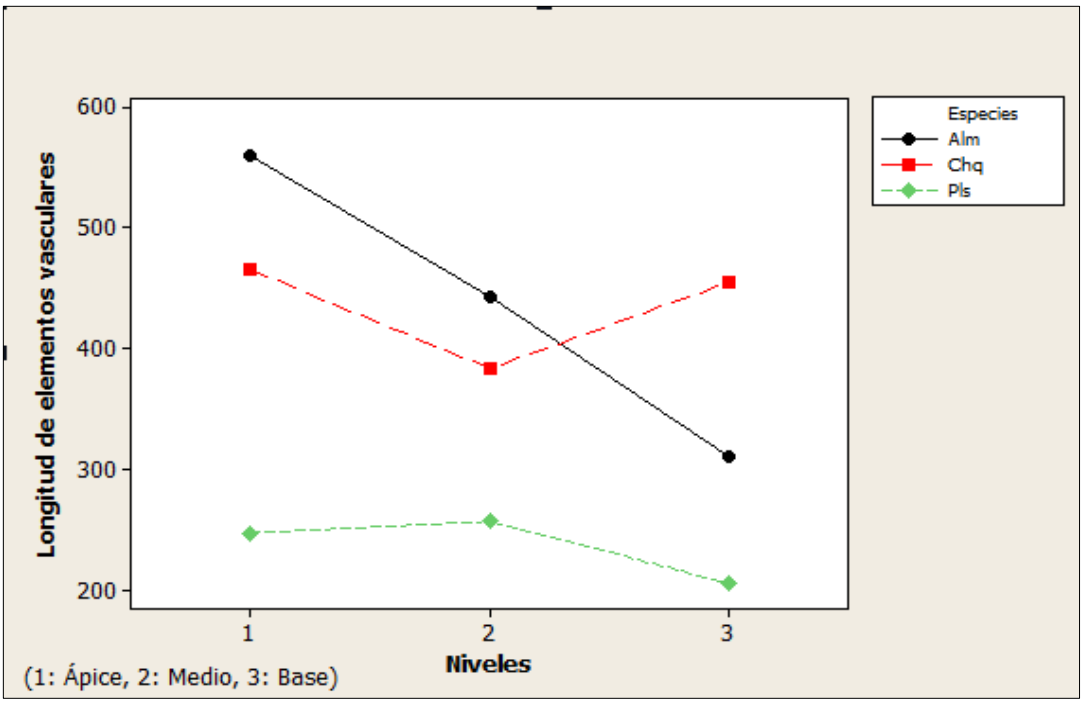

Figura 24. Interacción de la longitud de elementos vasculares por nivel longitudinal del fuste de las tres especies.

La Tabla 19 muestra el análisis de varianza de la longitud de elementos vasculares, donde se observa que existen diferencias significativas entre el diámetro de poros por especie y por niveles longitudinales del fuste, tal como lo ilustra la figura 24. Apreciando también que existe una interacción significativa entre los factores especies y niveles por tanto no es posible extraer ninguna conclusión en forma conjunta por lo que se realizó un análisis de

varianza de un factor por cada especie (figura 24). Para determinar entre que especies y entre que niveles se encuentran diferencias significativas, se realizaron las pruebas de Tukey respectivas

Tabla 20. *Prueba Tukey para longitud de elementos vasculares entre las tres especies*

Especies	Media	Tukey (0.05)
C. glabrum (Alm)	438,91	*A*
D. racemosa (Chq)	435,08	*A*
B. rubescens (Pls)	237,34	*B*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 20 se aprecia el resumen de la prueba Tukey realizada para la longitud de elementos vasculares de la madera por especie, poniendo en evidencia que la longitud de elementos vasculares es de tamaño similar en las especies *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) con 438,91 µm y *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro) con 435,34 µm y difieren de la madera de la especie de *B. rubescens* Taub. (palisangre) con 237,34 µm.

Tabla 21. *Prueba Tukey de longitud de elementos vasculares entre niveles longitudinales del fuste.*

Niveles	Media	Tukey (0.05)
A	425,9	*A*
M	361,3	*A*
B	324,1	*A*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 21 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para la longitud de elementos vasculares de la madera proveniente de los niveles longitudinales del fuste, poniendo en evidencia que no existe diferencia significativa entre la longitud de elementos vasculares, resultando que las longitudes de elementos vasculares fueron similares a lo largo del fuste, con un promedio general de 370,46 µm.

Tabla 22. *Resumen del análisis de varianza de la longitud de elementos vasculares por nivel longitudinal del fuste de cada especie*

Especies	Prueba estadística	P
B. rubescens (palisangre)	ANVA	0,393^{ns}
C. glabrum (almendro)	ANVA	0,026*
D. racemosa (chontaquiro)	ANVA	0,114^{ns}

ns: no existe diferencias estadísticas significativas, * diferencia significativa.

Con finalidad de probar si existe diferencia significativa entre la longitud de elementos vasculares por niveles longitudinales del fuste dentro de cada una de las especies, se realizó un análisis de varianza de un factor, para cada especie, encontrándose que la longitud de elementos vasculares difiere significativamente entre las maderas provenientes de niveles del fuste en la especie *C. glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) (Tabla 22).

Tabla 23. *Prueba Tukey para longitud de elementos vasculares entre niveles longitudinales del fuste de la madera de Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.*

Niveles	Media	Tukey (0.05)
A	560,28	*A*
M	442,69	*AB*
B	310,44	*B*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La Tabla 23 presenta el resumen de la prueba de Tukey de la longitud de elementos vasculares en la madera de *C. glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro), mostrando que existe diferencia significativa entre la longitud de elementos vasculares de las maderas de los niveles de Ápice y Base, mientras que el nivel Medio que no se diferencia de los dos niveles anteriores.

4.3.4 Altura de radios

Tabla 24. *Datos estadísticos de la altura de radios (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Especie	Nivel	Media (µm)	Mínimo (µm)	Máximo (µm)	S	CV%
B. rubescens (palisangre)	A	451,46	130,00	985,00	66,01	14,49
	M	464,22	135,00	1090,00	38,27	8,40
	B	450,44	152,00	966,00	50,83	11,16
	Promedio	455,40	130,00	985,00	51,26	11,26
C. glabrum (almendro)	A	713,92	200,00	1500,00	38,61	5,25
	M	755,95	182,00	1600,00	65,47	8,90
	B	738,95	128,00	1550,00	40,51	5,50
	Promedio	735,98	128,00	1600,00	50,79	6,90
D. racemosa (chontaquiro)	A	375,94	136,00	889,00	13,48	3,84
	M	341,70	114,00	739,00	20,26	5,50
	B	334,53	90,20	698,00	19,29	5,78
	Promedio	350,72	90,20	889,00	25,22	7,19

S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

La Tabla 24 muestra los valores promedios de la altura de radios de la madera y los parámetros de dispersión, tanto por especies y por niveles longitudinales del fuste.

La madera de la especie *B. rubescens* Taub, presentó a lo largo de todo el fuste un promedio de 455,40 µm que varía de 130 - 985 µm dichos valores menores a los encontrados por León (2015) que obtuvo un promedio de 510,6 µm y una variación de 310-910 µm. Para *C. glabrum* (Aubl) Pers. Aróstegui et al. (1981) determinó un promedio de 501 µm y Carbajal (2012) con promedio de 683,4 µm variando de 410– 1593 µm, y en el estudio se obtuvo valores mayores con promedio de 735,98 µm con variación de 128 - 1600 µm. Para la madera *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. se determinó un promedio de 350,72 µm que varía de 90,20 – 889 µm, para Felício et al. (2012) el promedio encontrado fue mayor con 559,33 µm que varía de 350-870 µm.

Tabla 25. *Análisis de varianza de la altura de radios de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Especies	2	2143019	1071509	574,43	0,000*
Niveles	2	2062	1031	0,55	0,578^{ns}
Interacción sp x niv.	4	15552	3888	2,08	0,092^{ns}
Error	72	134305	1865		
Total	80	2294938			

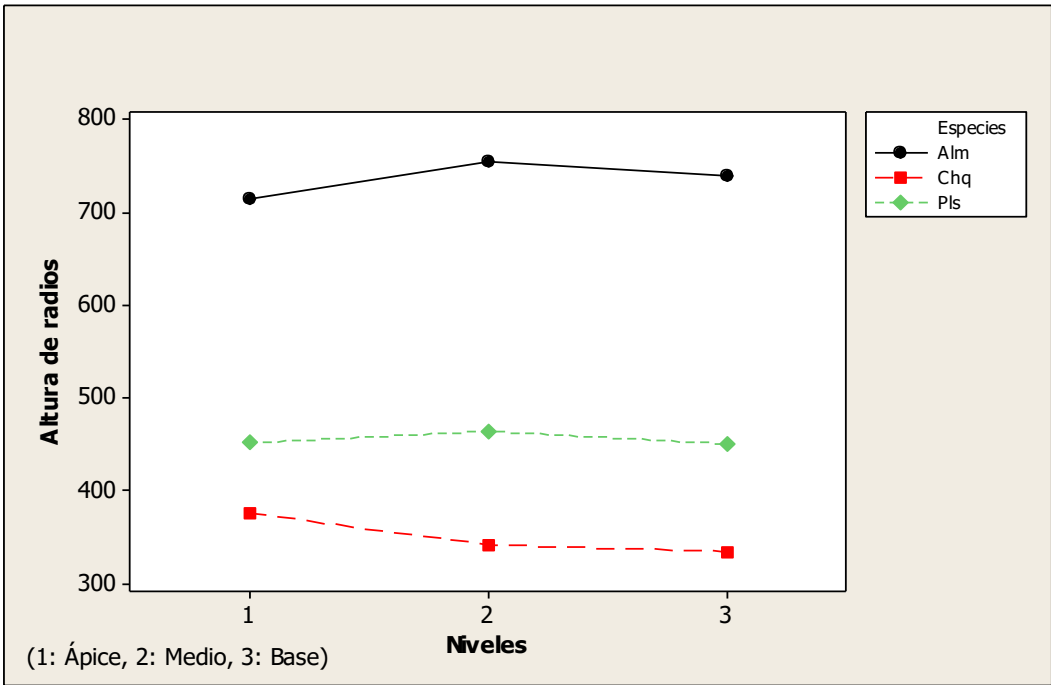

Figura 25. Interacción de la altura de radios por nivel longitudinal del fuste de las tres especies.

La Tabla 25 muestra el análisis de varianza de la altura de radios, donde se observa que existe diferencia significativa entre la altura de radios por especie, pero no por niveles longitudinales del fuste, tal como lo ilustra la figura 25. Para determinar esta diferencia significativa se realizó la prueba Tukey respectiva.

Tabla 26. *Prueba Tukey para la altura de radios entre especies.*

Especies	Media	Tukey (0.05)
C. glabrum (Alm)	735,98	A
B. rubescens (Pls)	455,40	*B*
D. racemosa (Chq)	350,72	*C*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 26 se aprecia el resumen de la prueba Tukey realizada para la altura de radios de la madera por especie, poniendo en evidencia que las alturas de radios son de tamaño diferentes en las tres especies, resultando con mayor altura los radios de la madera *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro) con 735,98 µm, seguido de la madera de *B. rubescens* Taub) (palisangre) con 455,40 µm y finalmente la madera de *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) con 350,72 µm que posee radios más pequeños.

Tabla 27. *Prueba Tukey de la altura de radios entre niveles longitudinales del fuste.*

Niveles	Media	Tukey (0.05)
M	520,6	A
A	513,8	*A*
B	508,0	*A*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 27 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para la altura de radios de la madera proveniente de los niveles longitudinales del fuste, poniendo en evidencia que no existe diferencia significativa entre la altura de radios, resultando que la altura de radios fue similar a lo largo del fuste, con un promedio general de 514,13 µm.

Tabla 28. *Resumen del análisis de varianza de la altura de radios por nivel longitudinal del fuste de cada especie.*

Especies	Prueba estadística	P
B. rubescens (palisangre)	ANVA	$0,829^{ns}$
C. glabrum (almendro).	ANVA	$0,23^{ns}$
D. racemosa (chontaquiro)	ANVA	0,00*

ns: no existe diferencias estadísticas significativas, * diferencia significativa.

Con finalidad de probar si existe diferencia significativa entre la altura de radios por niveles longitudinales del fuste dentro de cada una de las especies, se realizó un análisis de varianza de un factor, para cada una de las especies, encontrándose que la altura de radios difiere significativamente entre las

maderas provenientes de niveles del fuste, en la especie *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) (Tabla 28).

Tabla 29. *Prueba Tukey para la altura de radios entre niveles longitudinales del fuste de la madera de D. racemosa (hoehne) Amshoff.*

Niveles	Media	Tukey (0.05)
A	375,94	A
M	341,70	*B*
B	334,53	*B*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La Tabla 29 presenta el resumen de la prueba de Tukey de la altura de radios de la madera de *D. racemosa* (hoehne) Amshoff*.*, mostrando que no existe diferencias significativas entre la altura de radios de los niveles Medio y Base, mientras que la altura de radios del nivel Ápice son más grandes y difieren significativamente de los dos niveles anteriores.

4.3.5 Ancho de radios

Tabla 30. *Datos estadísticos del ancho de radios (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Especie	Nivel	Media (µm)	Mínimo (µm)	Máximo (µm)	S	CV%
B. rubescens (palisangre)	A	40,85	8,79	77,20	10,28	25,81
	M	39,82	10,20	81,10	5,91	14,82
	B	38,88	11,70	80,10	4,06	10,18
	Promedio	39,85	8,79	81,10	7,00	17,57
C. glabrum (almendro)	A	37,59	9,77	81,40	4,86	12,81
	M	38,33	12,70	83,00	1,74	4,59
	B	37,90	11,70	98,00	1,62	4,27
	Promedio	37,94	9,77	98,00	3,02	7,95
D. racemosa (chontaquiro)	A	32,90	8,79	68,4	7,11	23,60
	M	28,27	6,84	58,6	6,23	20,67
	B	29,19	5,86	58,6	7,30	24,24
	Promedio	30,12	5,86	68,4	6,55	21,75

S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

La Tabla 30 muestra los valores promedios del ancho de radios de la madera y los parámetros de dispersión, tanto por especies y por niveles longitudinales del fuste.

La madera de *B. rubescens* Taub, obtuvo un promedio de 39,85 µm que varía de 8,79 – 81,10 µm. la de *C. glabrum* (Aubl.) Pers. obtuvo un promedio de 37,94 µm una variación de 9,77 – 98,00 µm, para Carbajal (2012) el promedio es de 18,45. Para la madera de *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. Felício (2012) determinó un promedio de 49 µm que van de 30-80 µm y en la investigación se obtuvo de promedio 30,12 µm que varían de 5,86 – 68,4 µm.

Tabla 31. *Análisis de varianza del ancho de radios de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Especies	2	1434,17	717,084	20,66	0,000*
Niveles	2	53,08	26,542	0,76	0,469^{ns}
Interacción sp x niv.	4	74,99	18,748	0,54	0,707^{ns}
Error	72	2499,18	34,711		
Total	80	4061,42			

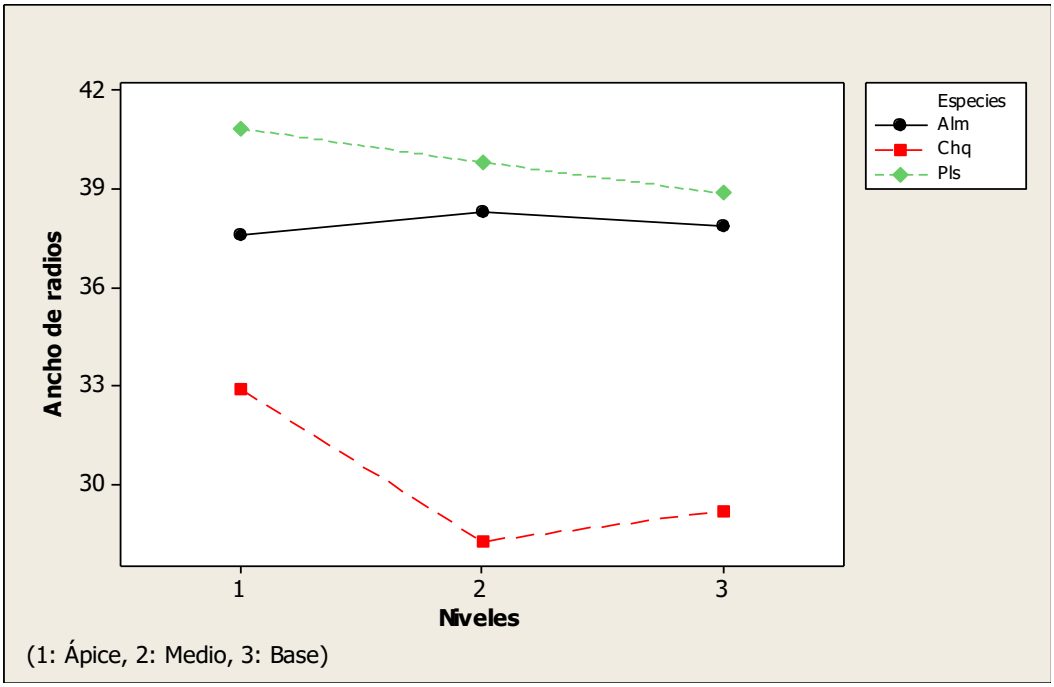

Figura 26. Interacción del ancho de radios por nivel longitudinal del fuste de las tres especies.

La Tabla 31 muestra el análisis de varianza del ancho de radios, donde se observa que existe diferencia significativa entre el ancho de radios por especie, pero no por niveles longitudinales del fuste, tal como se ilustra en la figura 26. Para determinar entre que especies se encuentran diferencias significativas, se realizó la prueba Tukey respectiva.

Tabla 32. *Prueba Tukey para la altura de radios entre las tres especies.*

Especies	Media	Tukey (0.05)
B. rubescens (Pls)	39,85	*A*
C. glabrum (Alm)	37,94	*A*
D. racemosa (Chq)	30,12	*B*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 32 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para el ancho de radios de la madera por especie, poniendo en evidencia que el ancho de radios no varía entre las especies, resultando que el ancho de la madera de las especies de *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro) con 37,94 µm y *B. rubescens* Taub) (palisangre) con 39,85 µm son similares y difieren de la madera de *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) con 30,12 µm presentando radios más angostos.

Tabla 33. *Prueba Tukey del ancho de radios entre niveles longitudinales del fuste*

Niveles	Media	Tukey (0.05)
A	37,11	*A*
M	35,47	*A*
B	35,32	*A*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 33 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para el ancho de radios de la madera proveniente de los niveles longitudinales del fuste, poniendo evidencia que no existe diferencia significativa entre el ancho de radios, resultando que el ancho de radios fue similar a lo largo del fuste, con un promedio general de 35,97 µm.

Tabla 34. *Resumen del análisis de varianza del ancho de radios por nivel longitudinal del fuste de cada especie.*

Especies	Prueba estadística	P
B. rubescens (palisangre)	ANVA	0,848^{ns}
C. glabrum (almendro)	ANVA	0,878^{ns}
D. racemosa (chontaquiro)	ANVA	0,295^{ns}

ns: no existe diferencias estadísticas significativas, * diferencia significativa

Con la finalidad de probar si existe diferencia significativa entre el ancho de radios por niveles longitudinales del fuste dentro de cada una de las especies, se realizó un análisis de varianza de un factor, para cada una de las especies, encontrándose que no hay diferencia significativa entre los niveles longitudinales para las tres especies (Tabla 34).

4.3.6 Frecuencia de radios

Tabla 35. *Datos estadísticos de la frecuencia de radios/mm de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Especie	Nivel	Media	Mínimo	Máximo	S	CV%
B. rubescens (palisangre).	A	4,26	2	6	0,40	8,65
	M	4,80	2	7	0,46	10,00
	B	5,00	2	7	0,23	5,00
	Promedio	4,69	2	7	0,46	10,02
C. glabrum (almendro)	A	7,87	7	10	0,64	7,74
	M	8,13	7	10	0,42	5,01
	B	8,93	8	11	0,50	6,06
	Promedio	8,31	7	11	0,66	9,4
D. racemosa (chontaquiro)	A	5,40	4	6	0,02	0,36
	M	5,40	4	6	0,03	0,63
	B	5,80	4	6	0,20	3,61
	Promedio	5,53	4	6	0,30	5,42

S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

La Tabla 35 muestra los valores promedios de la frecuencia de radios de la madera y los parámetros de dispersión, tanto por especie y como por niveles longitudinales del fuste.

La madera de *B. rubescens* Taub, obtuvo un promedio de 4,62 µm que varían de 1 - 7, µm, para León (2015) el promedio de frecuencia de radios es 5,05 µm con variación de 3-6 µm. La especie *C. glabrum* (Aubl.) Pers. obtuvo un promedio de 8,31 y una variación de 7 - 11 µm. *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. obtuvo un promedio 5,53 µm que varía de 5-6 µm.

Tabla 36. *Análisis de varianza de la frecuencia de radios de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Especies	2	60,8528	30,4264	162,81	0,000*
Niveles	2	2,9000	1,4500	7,76	0,004*
Interacción sp x niv.	4	0,7264	0,1816	0,97	0,447^{ns}
Error	16	3,3639	0,1869		
Total	26	67,8431			

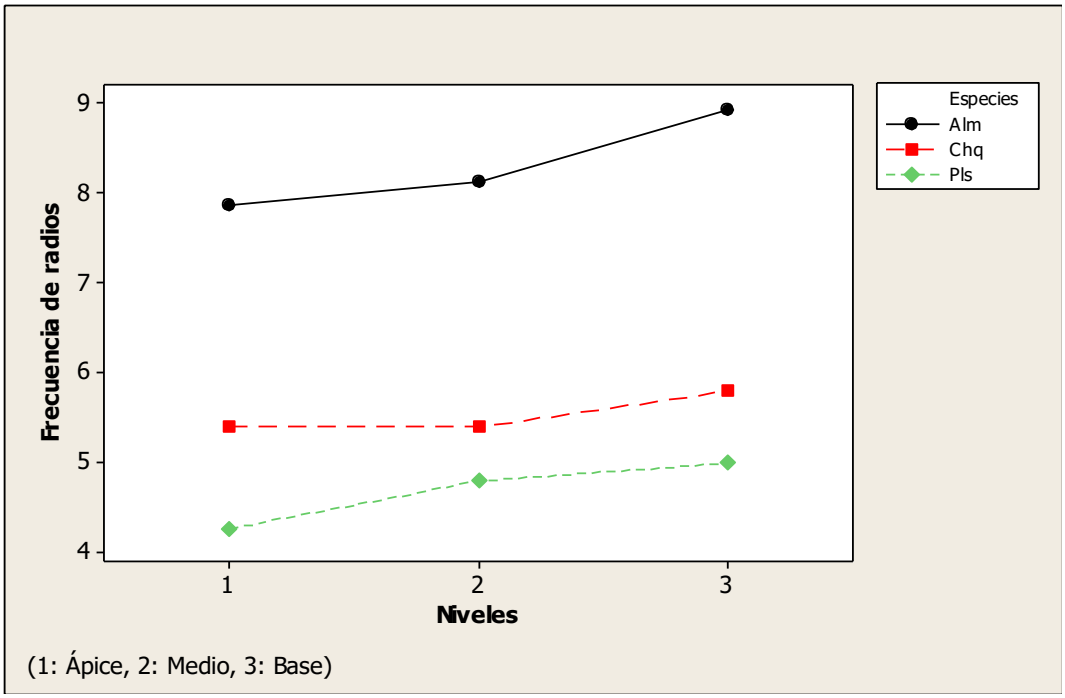

***Figura 27*.** Interacción de la frecuencia de radios por nivel longitudinal del fuste de las tres especies.

La Tabla 36 muestra el análisis de varianza de la frecuencia de radios, donde se observa que existe diferencia significativa entre la frecuencia de radios de la madera por especie y por niveles longitudinales del fuste, tal como lo ilustra la figura 27. Para determinar entre que especies se encuentran diferencias significativas, se realizó la prueba Tukey respectiva.

Tabla 37. *Prueba Tukey para la frecuencia de radios entre las tres especies*

Especies	Media	Tukey (0.05)
C. glabrum (Alm)	8,31	A
D. racemosa (Chq)	5,33	*B*
B. rubescens (Pls)	4,68	*C*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 37 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para la frecuencia de radios de la madera de las tres especies, poniendo en evidencia que la frecuencia de radios tiene diferente número de radios, la madera de *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro) con 8,31, seguido de la madera de *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) con 5,33 y finalmente el que presenta menor número de radios la madera de *B. rubescens* Taub) (palisangre) con 4,68.

Tabla 38. *Prueba Tukey de la frecuencia de radios entre niveles longitudinales del fuste.*

Niveles	Media	Tukey (0.05)
B	6,58	*A*
M	6,11	*A*
A	5,84	*A*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 38 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para la frecuencia de radios de la madera proveniente de los niveles longitudinales de fuste, poniendo en evidencia que no existe diferencia significativa entre la frecuencia de radios, resultando que las frecuencias de radios fueron similares a lo largo del fuste, con un promedio general de 6.12.

Tabla 39. *Resumen del análisis de varianza de la frecuencia de radios por nivel longitudinal del fuste de cada especie.*

Especies	Prueba estadística	P
B. rubescens (palisangre)	ANVA	0,402^{ns}
C. glabrum (almendro)	ANVA	0,011*
D. racemosa (chontaquiro)	ANVA	0,280^{ns}

ns: no existe diferencias estadísticas significativas, * diferencia significativa

Con la finalidad de probar si existe diferencia significativa entre la frecuencia de radios por niveles longitudinales del fuste dentro de cada una de las especies,

se realizó un análisis de varianza de un factor, para cada especie, encontrándose que la frecuencia de radios difiere significativamente entre las maderas provenientes de niveles del fuste, solo en la especie *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro) (Tabla 39).

Tabla 40. *Prueba Tukey para la frecuencia de radios entre la madera de niveles longitudinales del fuste de C. glabrum (Aubl.) Pers.*

Niveles	Media	Tukey (0.05)
A	7,87	A
M	8,13	*AB*
B	8,93	*B*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La Tabla 40 presenta el resumen de la prueba de Tukey de la frecuencia de radios de la madera de *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro), mostrando que existe diferencias significativas entre la frecuencia de radios de las maderas de los niveles Ápice y Base, mientras que la del nivel Medio no presenta diferencia significativa con los dos niveles anteriores.

4.3.7 Longitud de fibras

Tabla 41. *Datos estadísticos de la longitud de fibras (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Especie	Nivel	Media (µm)	Mínimo (µm)	Máximo (µm)	S	CV%
B. rubescens (palisangre)	A	1540,00	1100,00	1900,00	315,00	21,77
	M	1460,00	1400,00	1600,00	89,40	6,18
	B	1340,00	1200,00	1500,00	114,00	7,88
	Promedio	1446,70	1100,00	1900,00	203,90	14,10
C. glabrum (almendro)	A	2000,00	1750,00	2200,00	209,20	11,01
	M	1862,50	1750,00	2000,00	110,90	5,84
	B	1783,30	1600,00	1900,00	160,70	8,46
	Promedio	1900,00	1600,00	2200,00	180,90	9,52
D. racemosa (chontaquiro)	A	1150,00	650,00	1400,00	253,30	21,16
	M	1300,00	900,00	1700,00	275,70	23,03
	B	1140,00	950,00	1900,00	108,40	9,05
	Promedio	1197,20	650,00	1700,00	231,00	19,30

S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

La Tabla 41 muestra los valores promedios de la longitud de fibras de la madera y los parámetros de dispersión, tanto por especies y por niveles longitudinales del fuste.

Según la clasificación por IAWA Committe (1989) la especie de *B. rubescens* Taub con un promedio de 1446,70 µm se encuentra en la categoría de fibras medianas, la especie *C. glabrum* (Aubl.) Pers. con un promedio de 1900 µm se encuentra en la categoría de fibras largas y *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. con promedio de 1197,20 está en la categoría de fibras medianas.

La madera *B. rubescens* Taub, presentó a lo largo del fuste un promedio de 1446,70 µm que varía de 1100 – 1900 µm dichos valores similares a los encontrados por León (2015) que obtuvo un promedio 1288,6 µm y una variación de 965-1680 µm. *C. glabrum* (Aubl) Pers. tiene un promedio de 1900 µm que varía de 1600 - 2200 µm, Aróstegui et al. (1981) determinó un promedio de 2532 µm y Carbajal (2012) con un promedio de 1618 µm variando de 1179 - 1884 µm. Para *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. se determinó un promedio de 1197,20 µm que varía de 650-1700, para Felício et al. (2012) los valores determinados son mayores con promedio de 1984 µm que varía de 1490 - 2450 µm.

Tabla 42. *Análisis de varianza de la longitud de fibras de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Especies	2	2332320	1166160	38,36	0,000*
Niveles	2	72413	36206	1,19	0,327^{ns}
Interacción sp x niv.	4	194733	48683	1,60	0,217^{ns}
Error	16	547269	30404		
Total	26	3146734			

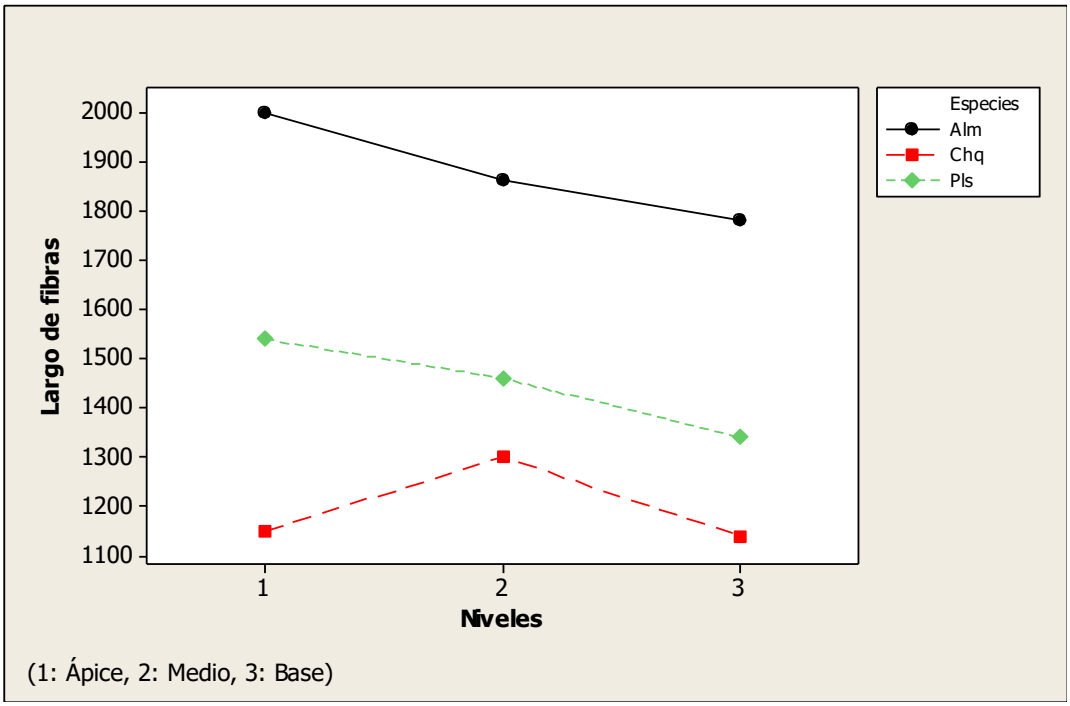

Figura 28. Interacción de la longitud de fibras por nivel longitudinal del fuste de tres las especies.

La Tabla 42 muestra el análisis de varianza de la longitud de fibras, donde se observa que existe diferencia significativa entre la longitud de fibras de la madera por especie, pero no por niveles longitudinales del fuste, tal como lo ilustra la figura 28. Para determinar entre que especies se encuentran diferencias significativas, se realizó la prueba de Tukey respectiva.

Tabla 43. *Prueba Tukey para la longitud de fibras entre especies.*

Especies	Media	Tukey (0.05)
C. glabrum (Alm)	1900,0	A
B. rubescens (Pls)	1446,7	*B*
D. racemosa (Chq)	1202,8	*C*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 43 se aprecia el resumen de la prueba de Tukey realizada para la longitud de fibras de la madera por especie, poniendo como evidencia que las longitudes de las fibras son de tamaño diferente entre las maderas de las tres especies, resultando con mayor tamaño las fibras de *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro) con 1900 µm, seguido de la madera de *B. rubescens* (Taub) (palisangre) con 1446,7 µm y finalmente la madera de *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) que tiene fibras más pequeñas con 1202,8 µm.

Tabla 44. *Prueba Tukey de la longitud de fibras entre niveles longitudinales del fuste.*

Niveles	Media	Tukey (0.05)
A	1563,3	*A*
M	1540,8	*A*
B	1421,1	*A*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 44 se aprecia el resumen de la prueba Tukey realizada para la longitud de fibras de la madera provenientes de los niveles longitudinales de fuste, poniendo en evidencia que no existe diferencia significativa entre la longitud de fibras, resultando que la longitud de fibras fue similar a lo largo del fuste, con promedio general de 1508,4 µm.

Tabla 45. *Resumen del análisis de varianza de la longitud de fibras por nivel longitudinal del fuste de cada especie.*

Especies	Prueba estadística	P
B. rubescens (palisangre)	ANVA	0,318^{ns}
C. glabrum (almendro)	ANVA	0,246^{ns}
D. racemosa (chontaquiro)	ANVA	0,435^{ns}

ns: no existe diferencias estadísticas significativas, * diferencia significativa.

Con la finalidad de probar si existe diferencia significativa entre la longitud de fibras por niveles longitudinales del fuste dentro de cada una de las especies, se realizó un análisis de varianza de un factor, para cada una de las especies, encontrándose que no hay diferencia significativa entre los niveles longitudinales para las tres especies (Tabla 45).

4.3.8 Espesor de paredes de fibra

Tabla 46. *Datos estadísticos del espesor de la pared de fibras (µm) de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste.*

Especie	Nivel	Media (µm)	Mínimo (µm)	Máximo (µm)	S	CV%	Ancho de lumen
B. rubescens (palisangre)	A	3,30	1,98	3,97	0,55	16,08	6,91
	M	3,55	2,86	3,96	0,50	14,58	7,00
	B	3,58	2,95	4,92	0,68	19,78	6,56
	Promedio	3,44	1,98	4,92	0,62	22,63	6,84
C. glabrum (almendro)	A	9,41	7,30	11,22	1,73	19,90	4,68
	M	7,90	7,22	8,95	0,08	0,87	5,54
	B	8,77	7,73	10,74	1,71	19,65	5,26
	Promedio	8,69	7,22	11,22	1,45	16,73	5,07
D. racemosa (chontaquiro)	A	4,69	3,39	6,74	1,15	20,94	2,60
	M	3,16	2,34	11,23	3,16	57,86	3,40
	B	0,79	4,40	6,30	0,79	14,40	2,39
	Promedio	5,47	2,34	11,23	2,21	40,48	2,90

S: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

La Tabla 46 muestra los valores promedios del espesor de pared de fibras de la madera y los parámetros de dispersión por especies y niveles longitudinales del fuste.

Según la clasificación establecida por IAWA Committe (1989) la especie de *B. rubescens* Taub., *C. glabrum* (Aubl.) Pers. y *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. se encuentran en la categoría de fibras de paredes delgadas a gruesas.

B. rubescens Taub, presentó a lo largo del fuste un espesor de pared de fibra un promedio de 2,75 µm que varía de 1,98 – 4,92 µm y ancho de lumen 6,84. La especie *C. glabrum* (Aubl) Pers. tiene un promedio de 8,69 µm que varía de 7,22-11,22 µm en el espesor de la pared de fibras y el ancho de lumen tiene un promedio de 5,07 µm, para Carbajal (2012) el espesor de pared de fibra tiene menor promedio de 3,83 µm variando de 2–6 µm y ancho de lumen mayor con promedio de 12,45 µm. Para la madera *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. se determinó un promedio de espesor de pared de fibras de 5,47 µm que varía de

2,34-11,23 µm y ancho de lumen un promedio de 2,9 µm y Felício (2012) determinó para el espesor de pared de fibras un promedio de 9,45 que varía de 5,88-12,04 µm y ancho de lumen con promedio de 1,79 µm, valores mayores que los obtenidos en el estudio.

Tabla 47. *Análisis de varianza del espesor de pared de fibras de la madera de tres especies forestales por nivel longitudinal del fuste*.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Especies	2	120,571	60,2854	31,67	0,000*
Niveles	2	2,924	1,4618	0,77	0,479^{ns}
Interacción sp x niv.	4	18,214	4,5535	2,39	0,089^{ns}
Error	16	34,261	1,9034		
Total	26	175,970			

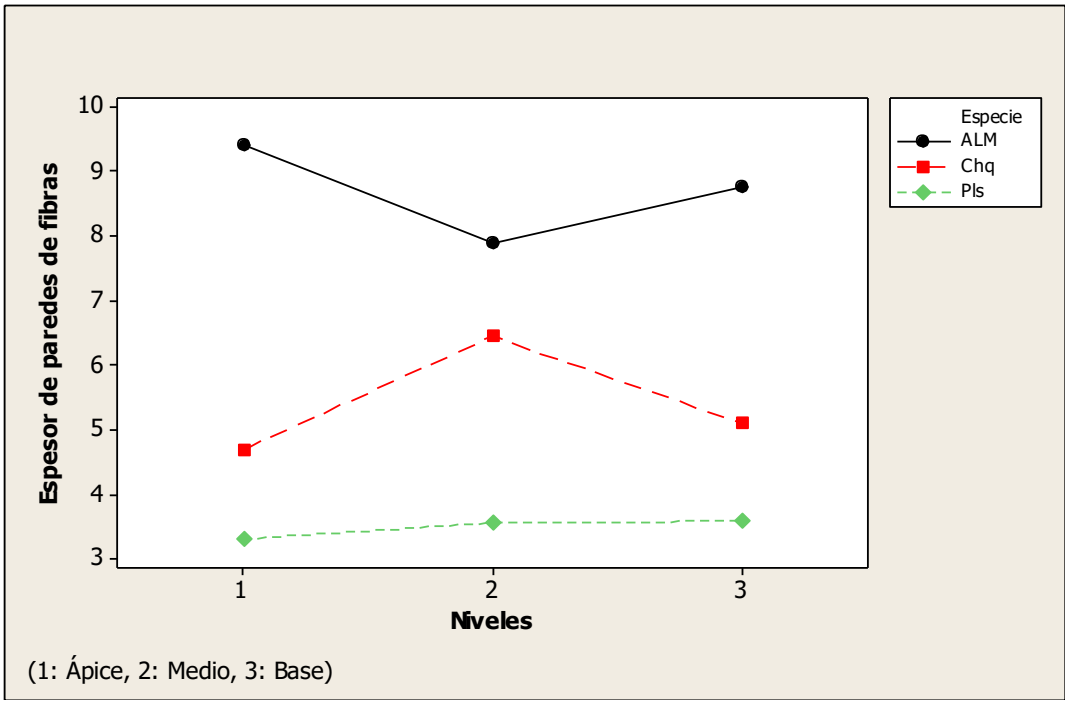

***Figura 29*.** Interacción del espesor de pared de fibras por nivel longitudinal del fuste de las tres especies.

La Tabla 47 muestra el análisis de varianza del espesor de pared de fibra, donde se observa que existe diferencia significativa entre el espesor de pared de fibras por especie, pero no por niveles longitudinales del fuste, tal como ilustra la figura 29. Para determinar entre que especies se encuentra diferencia significativa, se realizó la prueba de Tukey correspondiente.

Tabla 48. *Prueba Tukey del espesor de pared de fibras entre las tres especies*

Especies	Media	Tukey (0.05)
D. racemosa (Chq)	8,69	A
C. glabrum (Alm)	5,47	*B*
B. rubescens (Pls)	3,44	*C*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 48 se aprecia el resumen de la prueba de tukey realizada para el espesor de pared de fibras de la madera por especie, poniendo en evidencia que el espesor de pared de fibras es diferente entre las tres especies, resultando con mayor espesor la madera *D. racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) con 8,69 µm, siguiendo la madera *C. glabrum* (Aubl) Pers (almendro) con 5,47 µm y con fibras más delgadas la madera *B. rubescens* Taub) (palisangre) con 3,44 µm.

Tabla 49. *Prueba Tukey del espesor de fibras entre niveles longitudinales del fuste.*

Niveles	Media	Tukey (0.05)
A	5,80	*A*
M	4,78	*A*
B	4,38	*A*

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 49 se aprecia el resumen de la prueba Tukey realizada para el espesor de la pared de fibras de la madera proveniente de los niveles longitudinales del fuste, poniendo en evidencia que no existe diferencia significativa entre el espesor de la pared de fibras, resultando que el espesor de pared de fibras fue similar a lo largo del fuste, con promedio general de 4,99 µm.

Tabla 50. *Resumen del análisis de varianza del espesor de pared de fibras por nivel longitudinal del fuste de cada especie.*

Especies	Prueba estadística	P
B. rubescens (palisangre)	ANVA	$0{,}503^{ns}$
C. glabrum (almendro)	ANVA	$0{,}373^{ns}$
D. racemosa (chontaquiro)	ANVA	$0{,}23^{ns}$

ns: no existe diferencias estadísticas significativas, * diferencia significativa.

Con la finalidad de probar si existe diferencia significativa entre el espesor de la pared de fibras por niveles longitudinales del fuste dentro de cada una de las especies, se realizó un análisis de varianza de un factor, para cada una de las especies, encontrándose que no hay diferencia significativa entre los niveles longitudinales para las tres especies (Tabla 50).

4.3 Resumen de las características anatómicas cuantitativas

En la Tabla 51 se presentan los promedios y los parametros de didpersion de las características anatómicas cuantitativas de las *Brosimum rubescens* Taub, (palisangre), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) y *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro). EL coeficiente de variación de las características anatómicas cuantitativas se encuentra por debajo del 30 %, indicando que dichos valores corresponden a la de una población normal.

Tabla 51. *Resumen de las características cuantitativas de poros/mm², diámetro de poros, longitud de elementos vasculares, altura de radios, ancho de radios, frecuencia de radios, longitud de fibras y espesor de pared de fibras.*

Especies	Parámetros estadísticos	Diámetro de poros	Frecuencia de poros/mm2	Longitud de elementos vasculares	Altura de radios	Ancho de radios	Frecuencia de radios	Longitud de fibras	Espesor de pared de fibras
B. rubescens (palisangre)	X	202,99	3,17	237,30	455,40	39,85	4,69	1446,7	3,44
	V. mínimo	99,6	2,00	108,61	130,00	8,79	2,00	1100	1,98
	V. Máximo	753,0	6,00	471,73	985,00	81,10	7,00	1900	4,92
	Desv-estándar	±21,66	±0,99	±45,60	±51,26	±7,00	±0,46	±203,9	±0,62
	CV(%)	10,67	31,07	19,22	11,26	17,57	10,02	14,1	22,63
C. glabrum (almendro)	X	252,89	2,61	438,91	735,98	37,94	8,31	1900	8,69
	V. mínimo	102,00	1,00	111,00	128,00	9,77	7,00	1600	7,22
	V. Máximo	476,00	4,00	939,00	1600,00	98,00	11,00	2200	11,22
	Desv-estándar	±23,6	±1,23	±118,30	±50,79	±3,02	±0,66	±180,9	±1,45
	CV(%)	9,33	38,98	26,48	6,90	7,95	9,40	9,52	16,73
D. racemosa (chontaquiro)	X	269,55	2,19	435,08	350,72	30,12	5,53	1197,20	5,47
	V. mínimo	108,00	1,00	202,19	90,20	5,86	4,00	650	2,34
	V. Máximo	538,00	4,00	897,69	889,00	68,4	6,00	1700	11,23
	Desv-estándar	±25,66	±1,16	±54,00	±25,22	±6,55	±0,30	±231	±2,21
	CV(%)	9,36	37,82	1242	7,19	21,75	5,42	19,30	40,48

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. No existe variación de las características macroscópicas y microscópicas cualitativas entre los niveles longitudinales de la madera de la especie *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) y *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro), manteniendo estas características a lo largo del fuste.

2. Existe diferencia significativa en las características microscópicas cuantitativas de la madera de la especie *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre) en cuanto al diámetro de poro en los niveles longitudinales del fuste, (Ápice 207,71 µm, Medio 216,21 µm, Base 185,06 µm). Existe diferencia significativa en las características microscópicas cuantitativas de la madera de la especie *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) en cuanto a la longitud de elementos vasculares y frecuencia de radios en los niveles longitudinales del fuste, (Ápice 563,61 µm, Medio 442,69 µm, Base 310,44 µm). También existe diferencia significativa en las características microscópicas cuantitativas de la madera de la especie *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) en cuanto a la altura de radios en los niveles longitudinales del fuste, (Ápice 375,94 µm y 7,87, Medio 341,70 µm y 8,13, Base 334,53 µm y 8,93 respectivamente).

3. Existe diferencia significativa entre las tres especies para el diámetro de poros, altura de radios, frecuencia de radios, longitud de fibras y espesor de pared de fibras. Existe diferencia significativa entre la madera de la especie *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre) y la madera de las especies *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) y *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) para la frecuencia de poros y longitud de elementos vasculares. Existe diferencia significativa entre la madera de la especie *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) (30,12 µm) y la madera de las

especies *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre) (39,85 µm) y *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) (37,94 µm) para el ancho de radios.

5.2 Recomendaciones

- Complementar la investigación con estudios de propiedades físicas, propiedades mecánicas, trabajabilidad, etc. Garantizando el uso racional de la madera.

- Para el método de ablandamiento de las probetas se debe aumentar la temperatura para que el tiempo de cocción sea menor.

- Usar microscopio con mayor resolución para permitir la observación completa de las características microscópicas de la madera.

- Usos posibles para la especie *Brosimum rubescens* Taub. (palisangre) y *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro) son estructuras, muebles de interior y exterior, carpintería y pisos, para la especie *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro) sus posibles usos son obras exteriores (paredes exteriores), carrocerías, cajonería y si tiene un buen secado también para estructura.

BIBLIOGRAFIA

Aróstegui V., A., Gonzáles F., V. R., & Sato A, A. (1981). Propiedades Tecnologicas y usos de 40 Especies del Bosque Nacional Von Humbolt. Revista Forestal del Perú; *v10(1-2)*, 1-86.

Barañao, J. J., Penón, E. A., Craig, E., Cucciufo, E., & De Falco, P. (2008). Manual Para La Identificación De Maderas Con Aumentos De Hasta 10x. Universidad Nacional De Luján,Departamento de Tecnología Producción Vegetal IV Dasonomía.

Bravo Morales, N. F. (2009). Manual para la identificación de maderas forestales. Tingo María, Perú , Diciembre-2009.

Carbajal Chauca , G. (2012). *"*Descripción anatómica del xilema de la rama de veinte especies forestales del Jardín Botánico Arboretum el "Huayo", Puerto Almendras. lquitos*".*

Chavesta Custodio, M. (2007). Separata de capacitación sobre identificación de madera. Perú. Lima- Perú.

COPANT 1974 “Descripción de Características Organolépticas Macroscópicas y Microscópicas de la Madera” Ante proyecto de Norma COPANT 30.12 pgs.

E.P.S “Biblioteca Profesional”. (1971). Tecnología de la madera. Ediciones Don Bosco. Barcelona-España, 530 págs.

Fachín, C. (1986). Estudio de las propiedades físico-mecánicas y su variación en el tronco de la Parkia velutina R. benth (pashaco curtidor) en los bosques de plantación de Jenaro Herrera. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Iquitos-Perú., 98.

Food and Agriculture Organization (FAO) & International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) . (2002). Glosario de términos*.*

Felício Soares, W., De Lima Melo, L. E., & Braga Lisboa, P. L. (2012). Anatomia do Lenho de Cinco Espécies Comercializadas como 'sucupira'. Brasil: Floresta e Ambiente.

Gatica S, N. L. (2010). Caracteristicas generales, organolepticas, macroscopicas y estructura microscopica de la madera de coniferas y latifoliadas.

Giménes , A., Moglia, J., & Hernandez, P. (2005). *Anatomía de la madera.* Segunda edición.

http://www.monografias.com/trabajos71/comparacion-caracteristicas-madera-madero-negro/comparacion-caracteristicas-madera-madero-negro2.shtml#ixzz4HB5c9SfL. (s.f.).

IAWA Commite. (1989). List of Microscopic Features for Hardwood Identification. International Association of Wood Anatomists. IAWA Bull., n.s Vol. 10: 217-332.

INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD (INACAL) - NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 251.001.2003. Terminología. INDECOPI. 17 p.

León Hernández, W. (2015). Anatomía De La Madera De 25 Especies De La Familia Moraceae En Venezuela. Ernestia Vol 25 (2) , 97-134.

León Hernández, W. J., & Espinoza de Pernçia, N. (2001). Anatomía de la madera. Venezuela: Universidad de los Andes.

Lluncor Mendoza, D. (2011). Utilización industrial y mercado de diez especies maderablespotenciales de bosques secundarios y primarios residuales". Lima- Perú: PROYECTO PD 512/08 Rev.2 (I).

Lozano P., W. (2005). Estudio de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Pinus radiata D. Don.* De la plantación de granja Porcón. Tesis para optar el titulo de ing. forestal. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca - Perú.

MAICURU Hardwoods GmbH. (s.f.). Obtenido de MAICURU Hardwoods GmbH: https://www.maicuru.com/en/timber-species/sucupira-preta/

Norma ASTM D-5536-99, ASTM, 1999. Métodos estándar de prueba de muestras claras pequeñas de madera, ASTM: D5536-99. Libro Anual de ASTM. Filadelfia.

Norma ASTM D143 – 94, Métodos de prueba estándar para pequeñas muestras claras de madera.

Norma COPANT 458- Maderas-Selección y colección de muestras.

Norma UNE-EN 384:2016, Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.

Rodríguez, R. (1996). Manual de identificación de especies forestales de la sub-Región Andina . INIA. Impreso en Perú, 2 ediciones.

Romero Vilcapoma, B. (2010). ANATOMÍA Y PROPIEDADES FÍSICAS DE *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. *y Tectona grandis* Linn F. - Satipo. Huancayo: Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente.

Rosales Solorzano, E. R., Jurado Rojas, E. E., & Hurtado Lima, A. V. (2015). Identificación anatómica de tres especies forestales de la familia bombacaceae, tambopata – madre de dios. El ceprosimad; 03(1): 07-13.

Triana Gómez, M. A., Gonzales Roso, G., & Paspur Posso, S. (2008). Estudio de las propiedades mecánicas de la madera de palosangre (*Brosimum rubescens* Taub.), Procedencia: leticia, amazonas. Colombia Forestal, *vol. 11*, 149-164.

Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), & Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (2008). Metodología para determinar el coeficiente de rendimiento de madera rolliza (troza) a madera aserrada . UNALM, & INRENA. (2008). Metodología para determinar el coeficiente de rendimiento de madera rolliza (troza) a madera aserrada .

Valderrama Freyre, H. (2014). Cualidades tecnológicas de uso de la madera de cinco especies forestales, basado en el conocimiento del tejido secundario de la rama, Loreto. *Conoc. amaz. 6(1):*, 21-39.

Vásquez, A. (2010). Anatomía de la madera de las podocarpáceas colombianas/ España. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.*

ANEXO

Anexo 1. Proceso de recolección de datos



Figura 30. Árbol en pie de *Brosimum rubescens Taub*. (palisangre)



Figura 31. Árbol en pie de *Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff. (chontaquiro)



Figura 32. Árbol en pie de *Caryocar glabrum (Aubl).* (almendro)



Figura 33. Pintado de los extremos del tronco.



Figura 34. Rodaja marcada para obtención de probetas para propiedades físicas y anatómicas.



Figura 35. Marcado para obtención de probetas anatómicas (características microscópicas).



Figura 36. Probetas para evaluación de características macroscópicas.

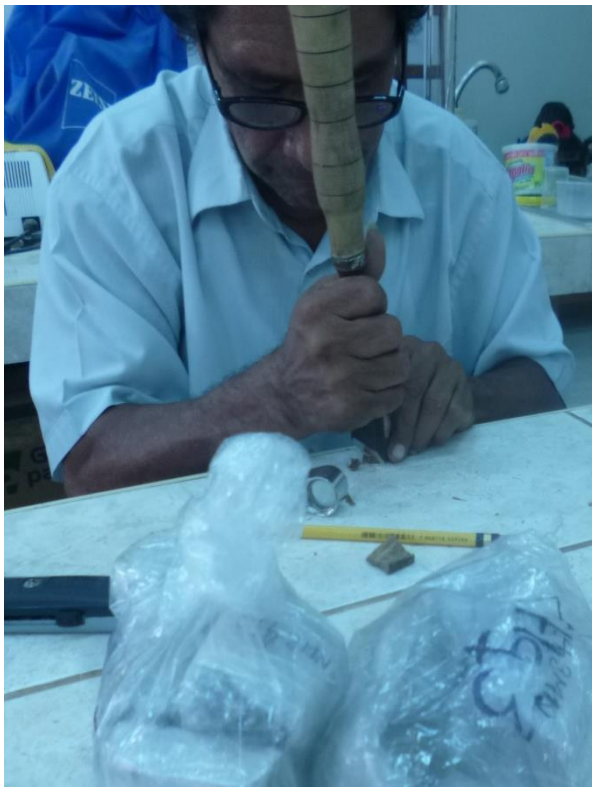

Figura 37. Corrección de la orientación de las probetas de características microscópicas.



Figura 38. **P**robetas para características microscópicas.



Figura 39. Ablandamiento de probetas (baño maria)



Figura 40. Laminas histológicas.

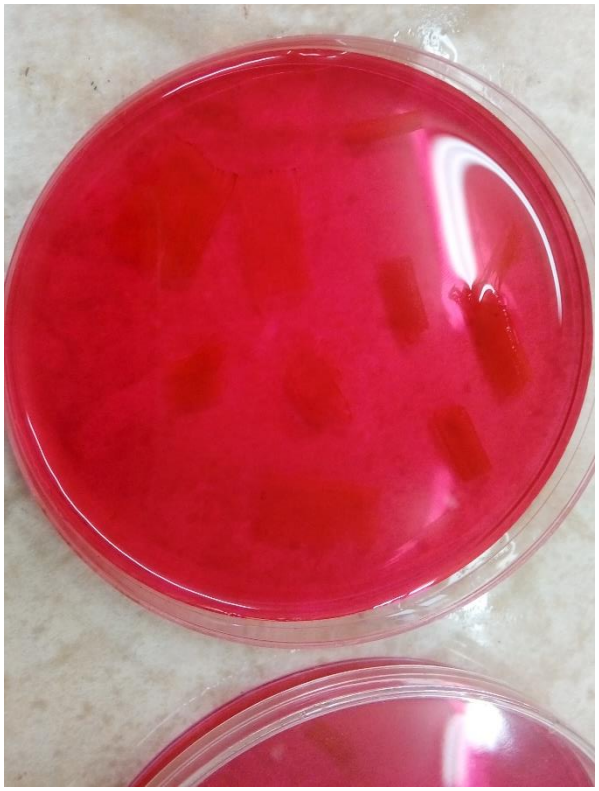

Figura 41. Coloración de láminas histológicas.

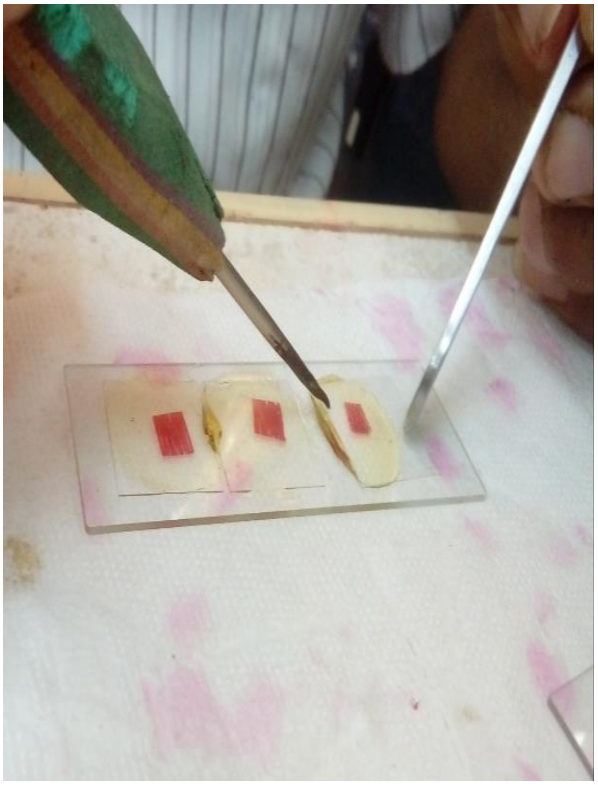

Figura 42. Montaje de láminas histológicas.



Figura 43. Secado de láminas histológicas.

Anexo 2. Constancia de Identificación botánica de las tres especies forestales.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA)
Estación Experimental Pucallpa

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

CONSTANCIA

Por el presente dejo constancia que las muestras botánicas presentadas por el Ing. Erick García Del Águila, en calidad de Coordinador General del Proyecto "Desarrollo de prototipos terminados con especies maderables no tradicionales con un potencial comercial" y representante de Grupo de Inversión N&H S.R.L de Pucallpa, pertenecen a las especies:

1.- Chontaquiro 1, 2 y 3

Familia	: Fabaceae
Género	: *Diplotropis*
Especie	: ***Diplotropis racemosa* (hoehne) Amshoff aff.**
N.V.	: Chontaquiro

2.- Almendro 1, 2 y 3

Familia	: Cayocaraceae
Género	: *Caryocar*
Especie	: ***Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers.**
N.V.	: Almendro

3.- Palisangre 1, 2 y 3

Familia	: Moraceae
Género	: *Brosimum*
Especie	: ***Brosimum rubescens* Taub.**
N.V.	: Palisangre

Se expide la presente constancia para los fines convenientes del Solicitante

Pucallpa 25 de noviembre del 2016

INSTITUTO VETERINARIO F.M.V. U.N.M.S.M. IVITA INVESTIGACIONES TROPICALES

Blga. Mirella Clavo Peralta
Responsable del Herbario Regional de Ucayali – IVITA Pucallpa
Registro CBP No. 1187

Jr. Daniel Alcides Carrión 319, Pucallpa., Teléfono (5161)57-1092 e-mail: ivitapucallpa@gmail.com
Av. Circunvalación cdra. 29, San Borja, Lima 41, Perú, Teléfono (511) 435-3059, Fax (511) 435-3064

Anexo 3. Fichas utilizadas en el lugar de extracción.

FICHA 01

DATOS DE CAMPO DEL ARBOL

.1.1. IDENTIFICACION

Fecha de selección .....Nº de árbol ☐
Nombre común.....
Identificado por.....
Nombre científico.....
Identificado por.....
Fecha de la toma de las muestras botánicas.....
Hojas ☐ Ramitas ☐ Corteza ☐ Flores ☐ Frutos ☐

Otros detalles .....
.....

1.2. UBICACIÓN

Distrito..... Zona.....
Referencia del mapa..... Carretera.....
Registrada en croquis..... Pueblo más cercano.....
Otros detalles .....

1.3 DESCRIPCIÓN

Clase: Dominante ☐ Intermedia ☐

D.A.P.....cms. Altura total.....m. Altura comercial..... .m.
Copa y follaje: Grande ☐ Mediana ☐ Pequeña ☐

Tipo de bosque: .....
Forma del tronco: Aletones ☐ Recto ☐ Torcido ☐

Cilíndrico ☐ Excéntrico ☐

Tipo de corteza: Externa: Color..... Superficie.....
Espesor.....cms. Espinosa.....

Interna: Color..... Olor.....Sabor.....

Exudaciones: Laca ☐ Resina ☐
Goma ☐ Colorante ☐

Otros detalles .....
.....

Firma de la persona responsable----------

Norma COPANT 458

FICHA 02

DATOS DE CAMPO DE LA TROZA

2.1 IDENTIFICACION

Fecha de tumbado.....

Nº de árbol
Nº de troza

2.2 MEDICIÓN

Diámetro extremo mayor. .....

Diámetro extremo menor. .....

A- d.1..... cm
d.2 ..... cm
A- d.1..... cm
d.2..... cm

NOTA: d.1 = diámetro mayor
d.2 = diámetro menor

2.3 DESCRIPCIÓN

Medula: Céntrica ☐ Excéntrica ☐

Sanidad: Sana ☐ Hueca ☐ Pudrición ☐

Comejenes ☐ Grietas después del tumbado ☐

Otros. .....

Albura: Se distingue del duramen ☐

Color. ..... Espesor. ..... cm.

Hay cambio después del corte? ☐

Que cambios? .....

Duramen: Forma regular ☐ o irregular ☐

Color. .....Diámetro. ..... Cm.

2.4 MANEJO

Tratamiento profiláctico: Insecticida ☐ Fungicida ☐

Extremo pintado ☐

Condición de la corteza: Integra ☐ Dañada ☐

Fecha de transporte: Al aserradero. .....
Al laboratorio. .....

Firma del responsable: ----------

Norma COPANT 458

Anexo 4. Formatos de evaluación en laboratorio.

FORMATO PARA DESCRIPCION MACROSCÓPICA

DATOS GENERALES:
Nombre Científico: .....
Nombre Común: .....
Código……..
1. COLOR:
    1.1. Albura : ……
    1.2. Duramen : ……..
    1.3. Transición de albura a duramen
        1.3.1. No cambia……
        1.3.2. Cambia gradualmente……
        1.3.3. Cambia abruptamente……
        Observaciones:
        ……
        ……
2. ALBURA:
    2.1. Espesor
        2.1.1. Muy angosto. (Menos de 2 cm)……
        2.1.2. Angosto. (Hasta 5 cm)……..
        2.1.3. Ancho. (Hasta 10 cm)……
        2.1.4. Muy ancho. (Más de 10 cm)……..
    2.2. Porción de albura en sección transversal (en porcentaje aproximadamente)…….%
        Observaciones:
        ……
        ……
3. OLOR (bien definido):
    3.1. Aromático……..
    3.2. Desagradable……
    3.3. Otros……

4. SABOR (Mencionar sólo en caso de ser distintivo):
    .....
5. APARIENCIA GENERAL DE LA SUPERFICIE:
    5.1. Grano
        5.1.1. Grano recto……..
        5.1.2. Grano oblicuo……
        5.1.3. Entrelazado o entrecruzado…..
        5.1.4. Crespo u ondulado…….
        5.1.5. Espiralado……..

    5.2. Textura
        5.2.1. Fina. Diámetro de los poros menor de 100 micras y parénquima no visible a simple vista y/o escaso…….
        5.2.2. Media. Diámetro de los poros de 100 a 300 micras y parénquima visible o no a simple vista……
        5.2.3. Gruesa. Diámetro de los poros mayor de 300 micras. Maderas con radios muy anchos a anchos y parénquima muy abundante, son referidos como de textura gruesa, aun cuando los diámetros de los vasos sean inferiores a 300 micras……..

    5.3. Lustre o Brillo (Corte radial)
        5.3.1. Ausente.....
        5.3.2. Medio……..
        5.3.3. Elevado.....
    5.4. Figura o Veteado (Corte radial o tangencial)
        5.4.1. Líneas verticales.....
        5.4.2. Arcos superpuestos (Típicamente tangencial).....
        5.4.3. Jaspeado (Típicamente radial).....
        5.4.4. Espigado o plumoso (Típicamente radial).....
        5.4.5. Satinado (Típicamente radial).....

6. POROS:
   6.1. Porosidad
      6.1.1. Porosidad circular……..
      6.1.2. Porosidad semicircular…..
      6.1.3. Porosidad difusa……

   6.2. Arreglo
      6.2.1. Tangencial (incluye ulmiformes y racimo)……..
      6.2.2. Diagonal y/o radial……..
      6.2.3. Dendrítico o llamas……
      Observaciones:
      ……
      ……

   6.3. Concentración
      6.3.1. No cambia…….
      6.3.2. Cambia regularmente de anillo a anillo……
      6.3.3. Cambia considerando toda la superficie transversal desde la albura hacia el centro, prescindiendo de los anillos de crecimiento……..

   6.4. Agrupación
      6.4.1. Solitarios (90% o más)……..
      6.4.2. Múltiples radiales. Poros unidos radialmente……
      6.4.3. En racimo o agrupados……

   6.5. Tamaño.
      6.5.1. Pequeño. No visible a simple vista……..
      6.5.2. Medianos. Ligeramente visible a simple vista……..
      6.5.3. Grandes. Fácilmente visible……..

   6.6. Forma (Sección transversal)
      6.6.1. Oval……
      6.6.2. Redondo……
      6.6.3. Irregular……..
   6.7. Contenido
      6.7.1. Tilosis……..
      6.7.2. Sustancias orgánicas (Resinas, gomas, látex)…….
      6.7.3. Sustancias inorgánicas (Minerales)……

      Observaciones:
      ……
      ……
7. PARÉNQUIMA:
   7.1. Visibilidad
      7.1.1. Visible a simple vista……..
      7.1.2. Visible con lupa de 10x ……
      7.1.3. No visible aún con lupa de 10x……

   7.2. Distribución
      7.2.1. Parénquima apotraqueal: Predominantemente independiente de los poros.
         7.2.1.1. Apotraqueal difuso……..
         7.2.1.2. Apotraqueal difuso en agregados……..

      7.2.2. Parénquima paratraqueal: Predominantemente asociado a los poros
         7.2.2.1. Escaso……..
         7.2.2.2. Vasicéntrico: Rodeando los poros en capa concéntricas……..
         7.2.2.3. Aliforme. Con extensiones laterales en forma de alas, pudiendo ser:
            De extensión lineal……..
            Tipo rombo……
         7.2.2.4. Aliforme confluente…….
         7.2.2.5. Unilateral……..
         7.2.2.6. En bandas (Más o menos bandas continuas de frecuente ocurrencia)

8. RADIOS:
   8.1. Visibilidad y Anchura
      8.1.1. Anchos (Visibles a simple vista)……
      8.1.2. Medianos (Visibles con lupa de 10x)……
      8.1.3. Finos (No visible aún con lupa de 10x)……

   8.2. Distribución (Plano Tangencial)
      8.2.1. Radios estratificados (estructura en forma de pisos)…..
      8.2.2. Radios no estratificados…….
      Observaciones:
      ……
      ……

FORMATO PARA CARACTERISTICAS MICROSCÓPICAS

POROSIDAD

Madera con porosidad circular…….
Madera con porosidad semicircular……..
Madera con porosidad difusa……..

DISPOSICION DE LOS POROS

Poros en bandas tangenciales……..
Poros en arreglo radial y/o diagonal (echelon) ……..
Poros en arreglo dendritico (forma de llama) ……..

DISPOSICION DE LOS POROS

Poros exclusivamente solitarios (90% o mas) ……..
Poros multiples radiales comunmente de 4 o mas……..
poros comunmente en racimos o cluster……..

PLATINAS DE PERFORACION

Platinas de perforacion simple……..
Platinas de perforacion escaleriformes……..
Platinas de perforacion reticulada, foraminada y/o multiple ……..

DIAMETRO TANGENCIAL DEL LUMEN DE LOS VASOS

Diametro tangencial promedio del lumen de los vasos
≤ 50 µm
50 - 100 µm
100 - 200 µm
≥ 200 µm

TILIDES Y DEPOSITOS EN VASOS

Tilides comunes……..
Tilides escleroticas……..
Gomas y otros depositos en vasos del duramen……..

GROSOR DE LA PARED CELULAR

Fibras de pared muy delgada……..
Fibras de pared delgada a gruesa……..
Fibras de pared muy gruesa……..

LONGITUD PROMEDIO DE FIBRAS

≤ 900 µm
900 - 1600 µm
≥ 1600 µm

PARENQUIMA AXIAL

PARENQUIMA APOTRAQUEAL
Parenquima axial difuso……..
Parenquima axial difuso en agregado……..

PARENQUIMA AXIAL PARATRAQUEAL

Parenquima axial paratraqueal escaso……..
Parenquima axial paratraqueal vasicentrico……..
Parenquima axial paratraqueal aliforme……..
Parenquima axial de alas cortas……..
Parenquima axial de alas largas……..
Parenquima axial confluente……..
Parenquima axial paratraqueal unilateral……..

PARENQUIMA EN BANDA

Parenquima axial en bandas con mas de tres celulas de ancho……..
Parenquima axial en bandas delgadas o lineas con menos de tres celulas de ancho ……..
Parenquima axial reticulado……..
Parenquima axial escaleriforme……..
Parenquima axial en marginal o similar a bandas marginales……..

RADIOS

ANCHO DE LOS RADIOS

Radios exclusivamente uniseriados……..
Radios de 1 a 3 celulas de ancho ……..
Largos de radios comunmente de 4 a 10 seriados……..
Largo de radiso comunmente > de 10 seriados……..
Radios de ancho multiseriados en una parte y de ancho uniseriados en otras ……..

AGRUPACION DE RADIOS

Radios agrupados……..

RADIOS: COMPOSICION CELULAR

Todas las celulas radiales procumbentes……..
Todas las celulas radiales rectas y / o cuadradas……..
Cuerpo de las celulas radiales procumbentes con una fila recta y/o celulas marginales cuadradas……..
Cuerpo de las celulas radiales procumbentes de 2 -4 filaas rectas y/o celulas merginales cuadradas……..
Cuerpo de las celulas radiales procumbentes sobre 4 filas rectas y/o celulas marginales cuadradas……..
Radios procumbentes, mezcla de celulas rectas y cuadradas a lo largo de los radios ……..

ELEMENTOS DE SECRECION

CANALES INTERCELULARES

Canales longitudinales en lineas tangenciales largas……..
Canales longitudinales en lineas tangenciales cortas……..
Canales longitudinales difusos……..
Canales radiales……..
Canales intercelulares de origen traumatico……..

TUBOS / TUBULARES

Tubos laticiferos o taniferos ……..

INCLUSIONES MINERALES

Presencia de cristales……..

DATOS MICROSCOPICOS CUANTITATIVOS

CODIGO								
DIAMETRO POROS	Frecuencia de poros	Longitud de elementos vasculares	Altura de radios	Ancho de radios	Frecuencia de radios	Longitud de fibras	Diámetro total de la fibra	Diámetro del lumen de la fibra

Anexo 5. Datos estadísticos ordenados en Excel.

ESPECIES	NIVELES	DIAMETRO POROS	FRECUENCIA DE POROS	LONGITUD DE VASOS	ALTURA DE RADIOS	ANCHO DE RADIOS	FECUENCIA DE RADIOS	LONGITUD DE FIBRAS	DIAMETRO TOTAL DE LA FIBRA	DIAMETRO DEL LUMEN	ESPESOR DE PARED DE FIBRAS
Pls1	A	220,383	6	308,924	454,733	50,403	2	1700	5,940	12,810	3,435
Pls1	M	210,493	4	230,713	467,289	41,192	5	1900	6,840	13,830	3,495
Pls1	B	162,842	3	168,556	436,175	39,532	3	1100	6,840	12,550	2,855
Pls2	A	214,048	4	222,84	519,517	39,233	6	1600	7,810	15,660	3,925
Pls2	M	213,617	3	311,995	483,733	36,389	6	1400	9,810	15,550	2,870
Pls2	B	208,633	4	223,652	508,692	40,103	2	1400	5,860	12,730	3,435
Pls3	A	188,694	5	212,396	380,133	34,244	4	1500	5,860	13,710	3,925
Pls3	M	224,508	4	230,068	441,649	41,87	5	1400	7,810	15,730	3,960
Pls3	B	183,692	2	226,918	406,467	37,012	3	1300	4,980	12,700	3,860
Alm1	A	256,867	2	424,613	669,925	37,926	8	2100	2,930	7,610	2,340
Alm1	M	240,192	3	406,759	768,857	37,696	8	1800	4,930	23,460	9,265
Alm1	B	239,642	2	438,801	763,525	38,41	9	2150	3,090	8,050	2,480
Alm2	A	281,258	2	520,82	735,343	42,137	8	2200	2,930	18,580	7,825
Alm2	M	287,556	4	362,191	776,333	39,088	7	1750	2,930	15,630	6,350
Alm2	B	265,467	2	513,894	724,058	38,007	7	1900	3,910	12,730	4,410
Alm3	A	222,657	2	452,461	707,292	32,692	7	2000	3,980	13,670	4,845
Alm3	M	238,351	4	382,236	720	38,218	7	1800	2,180	14,780	6,300
Alm3	B	244,033	1	413,941	729,275	37,282	8	1750	1,950	10,740	4,395
Chq1	A	298,05	3	568,937	381,308	40,599	6	1300	5,940	20,530	7,295
Chq1	M	284,917	1	505,704	355,599	34,548	6	1200	5,860	23,460	8,800
Chq1	B	244,358	1	267,589	325,996	28,084	6	650	2,950	25,390	11,220
Chq2	A	258,225	2	652,875	362,933	31,52	6	1200	3,950	24,600	10,325
Chq2	M	290,167	4	367,352	347,067	30,01	5	1000	5,860	20,300	7,220
Chq2	B	271,487	2	396	354,743	35,898	6	1300	6,400	22,230	7,915
Chq3	A	276,4	3	459,018	383,583	26,588	4	1400	5,450	23,350	8,950
Chq3	M	249,45	6	455,007	322,423	20,262	4	1200	4,450	19,450	7,500
Chq3	B	252,883	3	347,728	322,855	23,595	6	900	5,860	21,540	7,840