

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

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



**Anatomía de la corteza de tres especies forestales en un bosque de
terrazza alta de la región de Madre de Dios**

TESIS PRESENTADO POR:

Bachiller: MAMANI MENDOZA, Nestor.

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

ASESOR: MSc. CHAMBI LEGOAS, Roger

**CO-ASESOR: MSc. PORTAL CAHUANA, Leif
Armando**

PUERTO MALDONADO, 2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

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



**Anatomía de la corteza de tres especies forestales en un bosque de
terrazza alta de la región de Madre de Dios**

TESIS PRESENTADO POR:

Bachiller: MAMANI MENDOZA, Nestor.

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

ASESOR: MSc. CHAMBI LEGOAS, Roger

**CO-ASESOR: MSc. PORTAL CAHUANA, Leif
Armando**

PUERTO MALDONADO, 2021

Dedicatoria

Primeramente, quiero dedicar la tesis a Dios por haber permitido llegar hasta este momento, por brindarme salud y fuerza para llevar a cabo mis objetivos y metas. Y a mis padres JULIAN PAUCAR GOMEZ Y JULIANA MENDOZA CONDORI. Quiero darle las gracias por su amor infinito.

ING. NESTOR MAMANI MENDOZA

Agradecimientos

Un agradecimiento profundo a toda las autoridades y personal docente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios por su gran contribución de conocimientos y experiencia durante mi formación profesional.

Presentación

Se presenta la tesis de grado titulado “Anatomía de la corteza de tres especies forestales en un bosque de terraza alta de la región de Madre de Dios”, como requisito en el proceso de obtención del título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. El tema propuesto en el proyecto no ha sido abordado en el país por lo que es interesante y de importancia en el conocimiento técnico científico de las especies forestales tropicales.

En la búsqueda de la información científica base para la investigación se ha podido observar que el protocolo internacional recién se ha publicado en el año 2006, lo que demuestra que es un tema actual y de interés.

Se espera que los estudiantes, técnicos, profesores y todos los involucrados en el sector forestal del país puedan utilizar esta investigación como una herramienta de conocimiento y como una posibilidad de investigaciones futuras debido a que existe una casi nula información científica al respecto.

Resumen

El objetivo de la presente tesis de grado fue: describir la anatomía de corteza de las especies forestales *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori, en bosque de terraza alta en la región de Madre de Dios. Fueron utilizados tres árboles por especie, con buenas características fitosanitarias, la colecta se realizó a la altura del pecho (DAP) con la extracción de una pequeña muestra de corteza. Fueron determinadas la anatomía macroscópica, microscópica y densidad básica de la corteza de tres especies forestales. El proceso de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD. Los resultados muestran que existen diferencias a nivel macroscópico y microscópico de la corteza de las tres especies forestales. A nivel microscópico resalta las altas concentraciones de cristales. Sobre la densidad básica la especie *C. odorata* mostro mayor densidad y *E. coriacea*, menor densidad. Por último, se demostró que la anatomía de la corteza puede ayudar en el proceso de identificación anatómica de las especies estudiadas.

Palabras claves: Floema, cristales, peridermi, densidad básica.

Abstract

The objective of this degree thesis was: to describe the bark anatomy of the forest species *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. and *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori, in high terrace forest in the Madre de Dios region. Three trees were used per species, with good phytosanitary characteristics, the collection was made at chest height (DBH) with the extraction of a small sample of bark. The macroscopic and microscopic anatomy and basic density of the bark of three forest species were determined. The laboratory process was carried out at the Wood Anatomy Laboratory of the Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD. The results show that there are differences at the macroscopic and microscopic level of the bark of the three forest species. At the microscopic level, the high concentrations of crystals stand out. On the basic density, the species *C. odorata* showed higher density and *E. coriacea*, lower density. Finally, it was shown that the anatomy of the cortex can help in the process of anatomical identification of the species studied.

Keywords: Phloem, crystals, peridermi, basic density.

Introducción

A nivel mundial la anatomía de la madera en las últimas décadas ha venido ampliándose y abarcando diferentes ramas de investigación, por ejemplo: anatomía de las ramas, anatomía de las lianas, anatomía del carbón, anatomía ecológica de la madera, anatomía hidráulica de la madera, etc. Esto ha permitido ampliar y conocer más sobre las especies tropicales, orientadas también a ayudar en la clasificación taxonómica de las especies forestales.

En este aspecto a nivel internacional está tomando interés el estudio de las cortezas de los árboles, orientados al conocimiento anatómico y químico principalmente, tratando de a nivel químico se oriente a sus usos por los componentes que puedan presentar esta parte del árbol, que en la actualidad el sector forestal no le da mayor importancia económica (Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Cardoso, *et al.* 2016b). Las cortezas de los árboles es un tema de investigación reciente sobre su caracterización estructural y química dirigida a su potencial como materia prima para biorrefinerías. Se estudiaron las cortezas de varias especies, por ejemplo: *Tectona grandis*, *Eucalyptus* spp., *Quercus cerris*, *Pseudotsuga menziesii*, etc. En general, se ha demostrado que el conocimiento de la anatomía y composición química de las cortezas es fundamental para diseñar sus rutas de fraccionamiento y valorización (Mota *et al.* 2017).

El Perú cuenta con aproximadamente 4618 especies de árboles (Peña *et al.* 2020), de ellos alrededor de 350 especies forestales equivalente a 7.6% tiene estudios básicos tecnológicos y tan solo 150 especies forestales equivalente al 3.2% del total de las especies forestales arbóreas del país son utilizadas comercialmente por su aptitud maderera. Esto fortalece y muestra la urgente necesidad de estudiar la madera y su tecnología de en el Perú (Portal, Carpio y Díaz 2020).

A hora bien el tema de investigación sobre cortezas de especies forestales a nivel anatómico en el Perú es nulo, sin embargo, creemos que tiene mucha importancia orientarlo en la identificación de las especies forestales, si bien no se

pretende que se identifique las especies forestales (madera) a partir solo de la corteza de estas, se quiere que sea un elemento más para su identificación. En otras palabras, si por ejemplo existe una supervisión o una tala ilegal y se tiene el tocón con corteza, el profesional puede observar macroscópicamente su estructura para que le ayude en el proceso de identificación anatómica de la madera y puede recolectar el mismo para ser analizado en laboratorio y que sea como sustento para que emita su informe técnico.

Por otra parte, ampliando el párrafo anterior, si existe tala ilegal, es posible que las hojas, frutos, flores ya estén descompuesto, sin embargo, las ramas es una parte del árbol que no se aprovechan y que de estas se puede analizar la corteza de los árboles. Y se recalca que puede ser más una herramienta en tener en cuenta, conociendo que para la identificación de la madera son necesario todas las características posibles para llegar a identificar las maderas forestales, y en ese sentido la corteza puede sumar en este proceso.

Si bien se sabe que la corteza muchas veces se descompone más rápido que las maderas, si se encontrase aun intacta es un auxilio más en este proceso. Ahora bien, la identificación dendrológica, si bien la identificación de las especies forestales es normalmente factible con el auxilio del diseño de la corteza, sería mejor si se mejorara con la anatomía de ella. Se conoce por el termino corteza que son los tejidos exteriores y diferentes al cambium vascular que incluyen la corteza externa (floema secundario) y a la corteza interna (peridermis, de ser el caso varias generan el ritidoma (Garlant *et al.* 2002).

Es en este sentido se plantea como objetivo general de investigación: determinar la anatomía de corteza de las especies forestales *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori, en bosque de terraza alta en la región de Madre de Dios; con metodologías internacionales de caracterización y propiedades de la corteza (IAWA 2016; Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Cardoso, *et al.* 2016a).

Índice

Tabla de contenido

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1 Descripción del problema	15
1.2 Formulación del problema	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 Variables	16
1.5 Operacionalización de variables	17
1.6 Justificación	18
1.7 Consideraciones Éticas	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes de estudio	20
2.1. Antecedentes de estudio	20
2.2 Marco teórico	31
2.1.1. Descripciones taxonómicas de las especies a estudiar	31
2.1.2. Características anatómicas	32
2.2. Definición de términos	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	35
3.1 Tipo de estudio	35
3.2 Diseño del estudio	35
3.3 Población y muestra	35
3.3.1 Población	35
3.3.2 Muestra	36
3.4 Métodos y técnicas	37
3.5 Tratamiento de los datos	43
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	45
CONCLUSIONES	67
SUGERENCIAS	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	73

Índice de Figuras

- Figura 01.** “Estructura anatómica de la corteza y diseño del ritidoma de *Cedrela fissilis* Vell. *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae), Misiones, Argentina”.....22
- Figura 02.** “Anatomía de la corteza de las Cupressaceae nativas y cultivadas de la Argentina”.....23
- Figura 03.** Sección macroscópica transversal de la corteza de *Albizia niopoides*.....27
- Figura 04.** Sección macroscópica y microscópica de la especie *Copaifera langsdorffii*.....28
- Figura 05.** Diagrama Ombrotérmico de la ciudad de Puerto Maldonado, barras azules representa la precipitación y línea roja representa la temperatura, ambas mensuales.....38
- Figura 06.** Zona de ubicación del área de estudio de anatomía de la corteza de tres especies forestales.39
- Figura 07.** Mapa de dispersión de las tres especies seleccionadas para el estudio de la anatomía de la corteza.40
- Figura 08.** Fase de campo de la anatomía de las cortezas. A) Obtención del diámetro del fuste. B) Corte paralelo con cierra de arco. C) Extracción de la corteza con formón. D) Colocación del cicatrizante. E) Colocación de silicona. F) Foto final del proceso.....41
- Figura 09.** Fase de laboratorio donde se muestra la metodología realizada para la obtención de los datos para las propiedades físicas de las cortezas. A) Medición con micrómetro. B) Registro de los datos. C) Muestras de corteza de las tres especies estudiadas D) Colocación de las muestras en estufa.....44
- Figura 10.** Sección transversal de la corteza de *Bertholletia excelsa* a diferentes aumentos.....45
- Figura 11.** *Bertholletia excelsa*. (A) Corteza externa longitudinal, diseño fisurado, gris a oscuro o negruzco. (B) Corteza sección macroscópica transversal. (R) Ritidoma y (FL) Floema. (1, 2, 3, 4, 5) peridermis sucesivas.....46
- Figura 12.** Sección transversal de la corteza de *Cedrela odorata* a diferentes aumentos.....47
- Figura 13.** *Cedrela odorata*. (A) Corteza externa longitudinal, diseño fisurado, fisuras longitudinales rectas. (B) Corteza sección macroscópica transversal. (R) Ritidoma y (FL) Floema.....48
- Figura 14.** Sección transversal de la corteza de *Eschweilera coriacea* a diferentes aumentos.....50
- Figura 15.** *Eschweilera coriacea*. (A) Corteza externa longitudinal, lisa con ritidomas escamosos que se desprenden irregularmente, de coloración grisácea oscuro. (B) Corteza sección macroscópica transversal. (R) Ritidoma y (FL) Floema. Flechas blancas indican radios floemáticos

- dilatados.....51
- Figura 16.** Microfotografía de la sección transversal de *Bertholletia excelsa*. **A)** Peridermis (PER), epidermis (EPI). **B)** Ritidoma (R). **C)** Felema (FELE). **D)** Floema colapsado, radios (RAD), fibras (F) y floema no colapsado. **E)** Felógeno (FEL), felodermis (FELO).....53
- Figura 17.** Microfotografía de la sección radial de *Bertholletia excelsa*. **A)** Peridermis (PER), epidermis (EPI), floema colapsado. **B)** Peridermis (PER). **C)** Felógeno (FEL). **D)** Parénquima radial (P. RAD), parénquima axial (P. AXI). **E)** Felógeno (FEL), felodermis (FELO), Felema (FELE).....54
- Figura 18.** Microfotografía de la sección tangencial de *Bertholletia excelsa*. **A)** Estructura de la sección tangencial. **B)** Radioos múltiples radiales de 2, 3, 4 células (RAD). **C)** Cadena de cristales (C.CRI), células de radio (C.RAD), círculo blanco cristal tipo romboide.....55
- Figura 19.** Microfotografía de la sección transversal de *Cedrela odorata*. **A)** Ritidoma (R), floema. **B)** Parénquima axial (P. AXI), fibra (F). **C)** Felema (FELE), felógeno (FEL), felodermis (FELO). **D)** Floema colapsado, Parénquima axial (P. AXI), fibras (F) y floema colapsado. **E)** Felema (FELE), felógeno (FEL), felodermis (FELO).....57
- Figura 20.** Microfotografía de la sección radial de *Cedrela odorata*. **A)** Ritidoma (R), floema. **B)** Epidermis (EPI), radio (RAD). **C)** Felema (FELE), felógeno (FEL), felodermis (FELO). **D)** Parénquima axial (P. AXI), radio (RAD). **E)** Felógeno (FEL), felodermis (FELO), Felema (FELE).....58
- Figura 21.** Microfotografía de la sección tangencial de *Cedrela odorata*. **A)** Estructura de la sección tangencial. **B)** Radioos múltiples radiales de 2, 3 células (RAD), parénquima axial (P.AXI). **C)** Cadena de cristales (C.CRI), células de radio (C.RAD), círculo blanco cristal tipo romboide y círculo verde con cristal tipo estiloide o alargados.....59
- Figura 22.** Microfotografía de la sección transversal de *Eschweilera coriacea*. **A)** Ritidoma (R), floema, radio (RAD), fibra (F). **B)** Ritidoma (R), peridermis (PER). **C)** Ritidoma (R), Felema (FELE). **D)** Parénquima axial (P. AXI), fibras (F), radio (RAD). **E)** Felema (FELE), felógeno (FEL), felodermis (FELO).....61
- Figura 23.** Microfotografía de la sección radial de *Eschweilera coriacea*. **A)** Floema colapsado, radio (RAD). **B)** Radio (RAD), parénquima axial (P.AXI). **C)** Cadena de cristal (C.CRI), parénquima axial (P. AXI), círculo blanco cristal tipo romboide.....62
- Figura 24.** Microfotografía de la sección tangencial de *Eschweilera coriacea*. **A)** Estructura de la sección tangencial. **B)** Radioos múltiples radiales de 1,2 células (RAD), parénquima axial (P.AXI). **C)** Cadena de cristales (C.CRI), células de radio (C.RAD), círculo blanco cristal tipo romboide.....63
- Figura 25.** Representación gráfica de la densidad básica de la corteza de especies forestales.....66

Índice de tablas

Tabla 01. <i>Operacionalización de las variables</i>	17
Tabla 02. <i>Árboles inventariados de las tres especies forestales con sus respectivas coordenadas y la información dasométrica de la parcela 27 del fundo “El Bosque”</i>	36
Tabla 03. <i>Árboles seleccionados de las tres especies forestales con sus respectivas coordenadas y la información dasométrica</i>	42
Tabla 04. <i>Ficha Biométrica de Bertholletia excelsa Bonpl. (Corteza)</i>	52
Tabla 05. <i>Ficha Biométrica de Cedrela odorata L. (Corteza)</i>	56
Tabla 06. <i>Ficha Biométrica de Eschweilera coriacea (DC.) S.A. Mori. (Corteza)</i>	60
Tabla 07. <i>Propiedades físicas (Contenido de humedad, densidad básica y contracción volumétrica) de la corteza de las especies estudiadas</i>	65
Tabla 08. <i>Comparación de la densidad básica de la corteza de especies forestales</i>	66

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

La tala ilegal de las especies forestales maderables en la Amazonía Peruana requiere de mucho interés por parte de los diferentes entes involucrados, uno de ellos las universidades que cuenten facultades o carreras de Ingeniería Forestal, en el país. Para que estas a través de investigaciones ayuden a entre otros aspectos a la correcta identificación de las especies tropicales que es compleja por la alta biodiversidad de flora que presenta el Perú.

La corteza de los árboles tropicales en otros países del mundo, viene tomando fuerza en este aspecto realizando estudios macroscópicos y microscópicos de las mismas, que ayuden en el proceso de identificación correcta de las especies, sin embargo, el conocimiento de la anatomía de las cortezas de los árboles tropicales en nuestro país es muy escaso, trayendo desconocimiento de su anatomía, densidad básica y su potencial ayuda en los procesos de identificación. Es importante empezar el estudio de la anatomía de la corteza de especies comerciales del Perú, con la finalidad de tener una característica adicional para la identificación de las especies forestales y tener una característica diagnóstico más, cuando se realiza peritaje de tala ilegal por ejemplo en la región de Madre de Dios cuando exista tala ilegal de la especie *Bertholletia excelsa* Bonpl. Por ello se requieren los primeros estudios básicos en corteza de las especies forestales del Perú.

1.2 Formulación del problema

¿Qué características anatómicas presentaran las cortezas de las especies

forestales *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori en un bosque de terraza alta en la región de Madre de Dios para que ayuden en el proceso de identificación de las mismas?

¿Qué densidad básica presentaran las cortezas de las tres especies forestales *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori en un bosque de terraza alta en la región de Madre de Dios?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Describir la anatomía y la densidad básica de corteza de las especies forestales *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori, en un bosque de terraza alta en la región de Madre de Dios.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir macroscópicamente la anatomía de las cortezas de *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori,
- Describir microscópicamente la anatomía de las cortezas de *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori,
- Determinar la densidad básica de la corteza de las especies forestales *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori,

1.4 Variables

Las variables en la presente investigación son:

- Variables Independientes: diferencia entre estructura interna (floema) y externa (perdermís), visualización y caracterización de radios, color de la corteza, característica del ritidoma.
- Variables Dependientes: Eespesor de la corteza interna y externa, el espesor total de la corteza, altura total del árbol, diámetro a la altura del pecho, densidad básica de la corteza.

1.5 Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables se presenta en la tabla 01.

Tabla 01. *Operacionalización de las variables.*

Variables	Indicadores	Instrumento	Unidad/escala	Fuente
Diferencia entre estructura interna (floema) y externa (perdermís)	Observación y caracterización	Secciones macroscópicas transversales de la corteza	Diferenciado, poco diferenciado o no diferenciado.	IAWA
visualización y caracterización de radios	Observación y caracterización	Secciones macroscópicas transversales de la corteza	Finos, medios o anchos	IAWA
color de la corteza	Observación y clasificación	Tabla de suelos	Colores de Munsell	IAWA
característica del ritidoma	Observación y clasificación	Láminas histológicas en el corte tangencial	Micras (μ).	IAWA
Espesor total de la corteza	Medición del espesor	Método directo medición	mm	(Carmo. <i>et al.</i> 2016)
Diámetro a la altura del pecho	Medición del diámetro	Método directo medición	cm	Bolfor, 2012

Altura total del árbol	Medición de la altura	Método directo medición	m	Bolfor, 2012
Densidad básica de la corteza	Peso seco al horno y volumen húmedo	Método indirecto	Kg/m ³	(Carmo. <i>et al.</i> 2016)

1.6 Justificación

1.6.1 Social y Económico

La presente tesis de investigación brindara información importante en el conocimiento e identificación de las cortezas de las tres especies estudiadas, facilitando a la población local su posible identificación y distinción de las mismas. Esto a futuro podrá también ayudar a determinar los usos posibles las tres cortezas complementando estudios químicos. Y con ellos dar un valor económico a las cortezas que actualmente se clasifican como desechos.

1.6.2 Investigación y Ambiental

Las investigaciones de las tres cortezas de las especies forestales ayudarán en la identificación de las maderas, cuando estas se encuentren presentes. Esto por ejemplo en el caso de la especie *Bertholletia excelsa*, como es una especie que está prohibido su tala, podrá ser importante en el combate a la tala ilegal de esta especie. La investigación en temas de anatomía de la corteza son posibilidades para los investigadores en anatomía de la madera y en el presente proyecto se pone en manifiesto dando alternativas y nuevos enfoques a esta rama de investigación. Además *Cedrela odorata*, se presenta en la lista III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre - CITE, es por ello que se requiere de mayor características diagnóstico de la especie. Por último la especie *Eschweilera coriácea*, servirá para diferenciar con la especie *Bertholletia excelsa*. Además de realizar las primeras investigaciones a nivel del Perú en el tema de Anatomía de la Corteza de especies comerciales.

1.7 Consideraciones Éticas

Como en otras investigaciones a través de tesis de grado, esta investigación siguió las consideraciones éticas básicas de objetividad, respeto de los derechos de terceros, honestidad, igualdad, así también como un análisis crítico para impedir cualquier peligro y perjudiciales consecuencias, cumpliendo con el Reglamento de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios de Grados y Títulos con Resolución de Consejo Universitario N°525-2017-UNAMAD-CU.

Las medidas ejecutadas en cada proceso de esta investigación estuvieron orientadas a certificar tanto la seguridad, calidad de los datos de la investigación y el bienestar de las personas envueltas en la presente investigación de grado, cumpliendo con las normativas, reglamentos, y aspectos legales oportunos, para lograr los objetivos planteados en el proyecto.

Por otro lado, se cumplió con respetar la propiedad intelectual, los derechos de autores citados todas las bibliografías secundarias empleadas en esta tesis de investigación con la finalidad de estar al margen de todo plagio.

Por último, se respetará y enmarcará el proyecto respetando la Ley Forestal N° 29763 y la Ley General del Ambiente N°28611.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

2.1. Antecedentes de estudio

IAWA (2016), muestra un panorama global sobre el estudio de la corteza de los árboles, desde su conceptualización hasta la norma internacional, que a continuación se menciona: Corteza, aquí definida como todos los tejidos fuera del cambium vascular de árboles, arbustos o lianas, cumple funciones vitales en la planta viva, como el transporte y (re) distribución de La fotosíntesis y moléculas de señalización a diferentes partes de la planta, soporte mecánico, y protección contra la radiación solar, sequía, daños físicos, patógenos de plantas y herbívoros. Su diversidad microscópica y macroscópica dinámica (la corteza continúa cambio a medida que los árboles envejecen) ofrece una gran cantidad de características de diagnóstico para ayudar a reconocer especies o géneros y a veces incluso familias de plantas. Los diferentes estados de carácter de las células y tejidos de la corteza retienen fuertes señales filogenéticas, haciendo de la corteza una fuente rica de información para la sistemática de plantas. Además, la corteza produce una gran cantidad de materias primas. Para productos de fibra, corcho, compuestos medicinales, especias, caucho, tintes, alta energía y biomasa. Algunos de estos usos son tradicionales y de especial interés en la etnobotánica, otros son de importancia continua o incluso creciente en la economía global.

A pesar del hecho de que las cortezas han sido estudiadas desde los primeros días de la microscopía, y que el transporte de carbohidratos y hormonas vegetales en el floema siguen siendo temas de investigación importantes, el conocimiento de microscopía de corteza comparativa y macroscópica fuertemente queda por detrás la de la madera (xilema secundario). Para ayudar a remediar esta situación, un comité de la IAWA fue establecido por el Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera, para desarrollar una lista anotada e ilustrada de términos de características de la corteza en angiospermas y gimnospermas, recomendado en estudios comparativos de corteza y en reconocimiento de especies (IAWA 2016).

Para la estructura de la corteza, la IAWA Journal publicó dos propuestas integrales para los estándares terminológicos de la corteza, una por trockenbrodt (1990 - microscopía), y la otra por Junikka (1994 - macroscopia), estas publicaciones constituyeron importantes puntos de partida para el trabajo de nuestro comité. Otros precursores importantes que fueron consultados son: roth (1981), Van Wyk (1991, no publicado), lev-Yadun (1991), Richter *et al.* (1996), y Yeremin & kopanina (2012). Anatomía de la planta de Esau (evert 2006) también fue una fuente muy importante y agradecemos que tomemos prestados de su glosario muchas de las definiciones que aquí se adoptan. Entre la literatura más antigua citada, el volumen de Encyclopedia of Plant Anatomy por Esau (1969) en The Phloem merece una mención especial, y se recomienda encarecidamente para leer más. Una de las razones por las que la estructura de la corteza ha sido relativamente poco estudiada es que la lista de características microscópicas de la corteza de IAWA tiene un doble objetivo: 1) proporcionar un glosario ilustrado y anotado de los términos utilizados en la anatomía de la corteza tanto de las angiospermas como de las gimnospermas, y 2) codificar y definir el carácter anatómico de la corteza que establece que podría ser utilizado para construir bases de datos para microscópicas (IAWA 2016).

A continuación, se presenta la revisión bibliográfica internacional desde el 2002 hasta la actualidad, ya que la investigación a nivel nacional es nula, en este tema de investigación para el país.

Garlant *et al.* (2002), realizó el estudio de la “Estructura anatómica de la corteza y diseño del ritidoma de *Cedrela fissilis* Vell. *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae), Misiones, Argentina” (Figura 01). Este estudio comprendió la caracterización macroscópica y microscópica anatómicamente, donde describieron el diseño o aspectos del ritidoma, la corteza con sus diferentes espesores de sus partes, también la estructura, el color en estado verde, visibilidad, textura y los radios y sus características, los exudados presentes y tipo de floema duro, etc. También los investigadores llegaron a establecer observaciones

diferencias y análogos mediante del figuras del ritidoma, la coloración de la corteza la estructura, particulares, características facilitaron el reconocimiento y diferenciación con precisión las especies de la familia Meliaceae como: *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* (Vell.) Mart. Y *Cedrela fissilis* Vell.



Fig. 1 *Cedrela fissilis*. Diseño fisurado. Fisuras longitudinales rectas, domos cóncavos y fisuras en forma de "V".

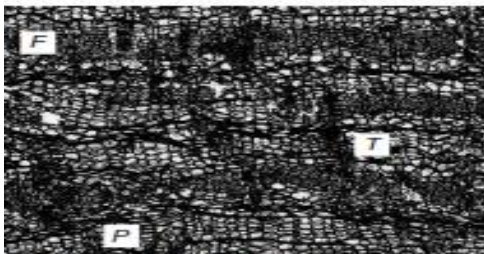


Fig. 4. *C. fissilis*. Microfotografía de la

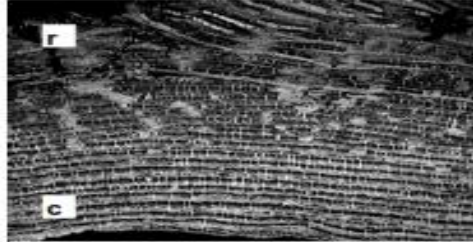


Fig. 2. *C. fissilis*. Estructura laminar, alternancia de tejido floemático duro y blando (sección transversal). r: Ritidoma. c: Corteza interna. 4X.

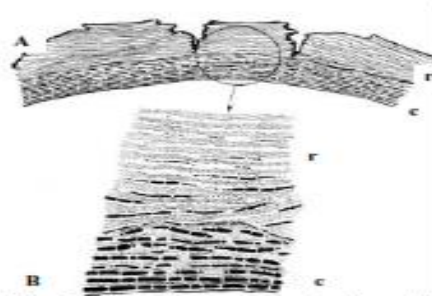


Fig. 3 *C. fissilis*. Esquema de la sección transversal. r: Ritidoma. c: Corteza Interna. A: 0.75 X. B: 4X.

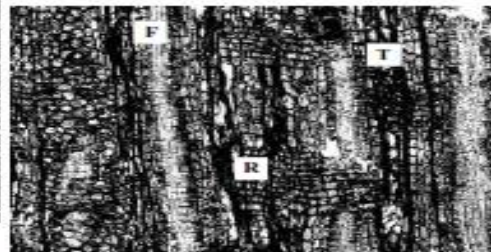


Figura 01. “Estructura anatómica de la corteza y diseño del ritidoma de *Cedrela fissilis* Vell. *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae), Misiones, Argentina”. (Garlant et al. 2002).

En la tesis de doctorado De Magstris (2003) , en la Universidad de Buenos Aires – Argentina, estudio “Anatomía de la corteza de las Cupressaceae nativas y cultivadas de la Argentina”. En esta investigación abordaron la investigación 13 géneros con 23 especies y 2 variedades de la familia Cupressaceae de la corteza de ocurrentes en Argentina, enfocaron la anatomía macroscópica: textura, exomorfología y espesor; microscópico: anatomía estructural y ultraestructural y por último contaminación ambiental: empleando de la corteza como biomonitor potencial de

irregulares, estratificados, conformados por cuadradas células y dilatadas tangenciales. La peridesmis conformada por un solo capa se compone de esclereidas en la felodermis y suberizado felema y con pared de origen polifenólico engrosada. Además, presentaron cúbicos cristales, cristales y drusas romboidales en el parénquima (células), los tejidos laticíferos son del tipo ramificados no articulados. Los radios para *M. celtidifolia* no se dilatan comparado con *Ficus*, pero el parénquima axial se esclerifica hacia la peridermis y se dilata. Los heterogéneos radios no presentan estratos, cuentan con tejido laticíferos no articulados de menor longitud y la peridermis es parecida pero más ancha que de *Ficus*.

En la investigación "Anatomía de madera, corteza y anillos de crecimiento de *Geoffroea decorticans* (Gill., Ex Hook. & Arn.) Burk" Giménez (2009), contribuyo al conocimiento de la información anatómica de esta especie. El estudio se realizó en el Parque Los Quebrachos, Alberdi, provincia de Santiago del Estero en Argentina. La madera de *G. decorticans* se caracterizó por su anatomía especializado: completa estratificación de los estructurales elementos; paratraqueal el parénquima axial en bandas y semicircular la porosidad. La corteza presento signos de evolución, siendo la característica distintiva la presencia de un interconectado sistema de células secretoras con rojos exudados. Por último, las camadas de crecimiento presentaron un espesor promedio de 4,7 mm, para 33 años de edad máxima.

Mesquita y Oliveira (2010), realizaron la investigación "Características anatómicas da casca e produção de látex em plantas de seringueira não enxertadas", de una planatación experimental del Departamento de Biología/Sector de Fisiología Vegetal de la Universidade Federal de Lavras en Minas Gerais de 4; 6 y 8 años. El material analizado fue obtenido a través de cortes de la corteza y albura aproximada de 1.50 m del suelo, llegando hasta el xilema de la planta. Los cortes transversales fueron preparados de acuerdo a las técnicas usuales de microtecnia vegetal. Los resultados permitieron concluir, que la utilización de caracteres anatómicos (diámetro de células) del espesor de la corteza y del diámetro del tronco, con el fin

de seleccionar los materiales de pies francos, presentaron una correlación significativa con la producción de látex.

Maurício (2014), en la tesis de maestría de la Universidad de Lisboa, titulada: “Caracterização anatómica da casca de *Eucalyptus nitens*(Deane & Maiden) e *Eucalyptus rudis* Endl. Para identificação das espécies”. Analizo la corteza en base a cinco árboles de *E. nitens* con 4 y 10 años de cinco árboles de *E. rudis* con 4 años. La caracterización cualitativa y la determinación del porcentaje de tejido fueron hechas en cortes histológicos y la caracterización cualitativa en elementos celulares disociados, se determinó la dimensión de las fibras y de las células de parénquimas axiales y expandidos. Las especies presentaron: ritidomas reducidos, periderme compuesto por el felema con células suberíferas y leñificadas y feloderme; floema no colapsado con camas tangenciales de parénquima axial que alternan con los elementos del tubo criboso y haz de fibras, floema colapsado caracterizado por la alteración de las célicas de parénquima y escleroídos. Las especies se diferencian en el tipo de periderme, arreglo de las células expandidas y ocurrencia de cavidades secretoras.

Martínez *et al.* (2015), realizaron la investigación “Madera y corteza de algunas Rubiaceae en México: similitud estructural”, se consiguieron 42 especies pertenecientes a 98 muestras de las tribus Coussareeae, Chiococceae, Gardenieae, Hamelieae, Guettardeae, Hillieae, Spermacoceae y Psychotrieae, de ellas 32 especies se colectaron en el sureste y centro de México (Guerrero, Chiapas, Hidalgo, México, Veracruz y Jalisco) y 10 especies fueron facilitadas por la xiloteca de MEXU. Los resultados del fenograma mostró 2 agrupaciones que pertenecen a la madera tipo I y II *sensu* Koek-Noorman. No todas las especies de *Bouvardia* ni de *Psychotria* se asocian en su respectivo género y *Notopleura anomothyrsa* es diferente del las demás por presentar septadas fibrotraqueidas y punteaduras intervasculares escalariformes. El conjunto de *Chione*, *Arachnothyx*, *Exostema*, *Randia* y *Hintonia* con madera tipo I presenta bandas de esclereidas, ritidoma y tres tipos de cristales en la corteza; son arbustos y árboles de bosque caducifolia baja y

selva mesófila. El conjunto de la madera tipo II presenta una peridermis, endodermis, grupos de fibras/rafidios y esclereidas en la corteza; son arbustos del bosque perennifolio alto, caducifolia baja, selva mesófila y de pino-encino. Los anillos de crecimiento de las especies apuntan a estar relacionados con características fenológicas y del hábitat y sus condiciones, pero no así de la densidad y el diámetro de los vasos que aparenta poseer una señal filogenética fuerte.

Carmo *et al.* (2016), realizaron la investigación "Chemical and structural characterization of the bark of *Albizia niopoides* trees from the Amazon". La corteza de la especie *A. niopoides*, se recolectó en un área de bosque nativo en la región amazónica, en el municipio de Itaúba, en el norte de Estado de Mato Grosso, Brasil. El sitio forestal totalizó 1413 ha y perteneció a la Finca Aremisa III. Los resultados muestran que la corteza de *A. niopoides* tiene un ritidoma estrecho con capas delgadas de Phellem (Figura 03). Los elementos estructurales son hebras de parénquima axial asociadas con fibras grandes, nódulos esclereideos. La composición química media de la corteza de *A. niopoides* fue ceniza. 5,5%, extractivos totales 14,5%, correspondientes principalmente a compuestos polares que fueron soluble en etanol y agua, lignina 37,1% y suberina 0,5%. Los polisacáridos composición mostró un predominio de la glucosa y la xilosa (59,9 y 33,3% de monosacáridos totales, respectivamente). El extracto de corteza de etanol-agua tuvo un alto contenido en fenólicos: fenólicos totales 247,15 mg ácido gálico/g de extracto, flavonoides 59,8 mg de catequina/g de extracto y taninos 149,98 mg de catequina/g de extracto. La actividad antioxidante correspondió a 839,05 mg de Trolox por g de extracto o 95,98 mg Trolox por g de corteza. *Albizia niopoides* fácilmente la corteza con un predominio de partículas más grandes de más de 2 mm (60,4% de la masa total de la muestra) y con poca formación finos (15% de la masa total de la muestra). Los extractos estuvieron presentes preferentemente. En la fracción con enriquecimiento en solubles en etanol. Un potencial Valorización de la corteza de *A. niopoides* basada en el uso de extractos polares y lignina fue sugerido por los investigadores.

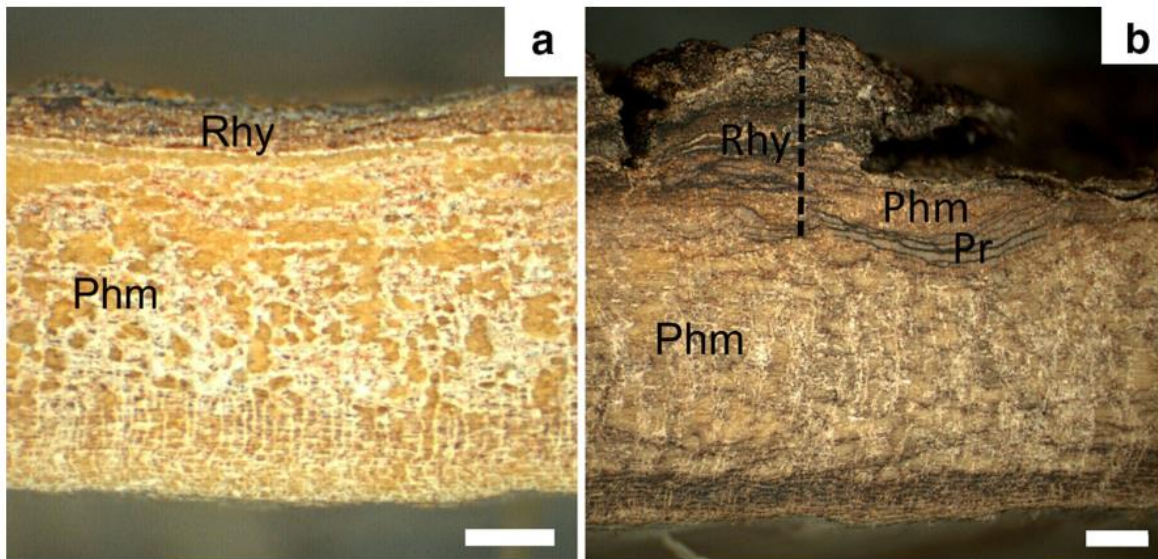


Figura 03. Sección macroscópica transversal de la corteza de *Albizia niopoides*. Fuente: (Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Carmo, *et al.* 2016).

Carmo *et al.* (2016), investigaron “Copaifera langsdorffii Bark as a Source of Chemicals: Structural and Chemical Characterization”. Se recogieron muestras de corteza de *C. langsdorffii*. Árboles en el área del bosque nativo en la región amazónica, en el municipio de Itaúba, en el norte del estado de Mato Grosso, Brasil. Para este estudio, tres árboles fueron aleatoriamente seleccionados de entre los cosechados para uso comercial. Informaron por primera vez la química y la anatomía de la corteza de *C. langsdorffii*. Los resultados muestran que la corteza es delgada, de color marrón rojizo oscuro y exfolia en copos irregulares. Es muy densa, mostrando células altamente lignificadas y esclereides abundantes, y rellenos celulares de fenol naturaleza (Figura 04). Incluye un ritidoma poco desarrollado y un peridermo con paredes delgadas y gruesas. Células Phellem. La composición química media fue: ceniza 3,7%, extractivos totales 21,3%, principalmente correspondiente a compuestos polares solubles en etanol y agua, suberina al 0,8% y lignina. 36,6%. Los polisacáridos mostraron un predominio de glucosa y xilosa (66,4% y 23,5%). de monosacáridos totales, respectivamente). El

extracto de corteza de etanol-agua tuvo un alto contenido en fenólicos: fenólicos totales 589,2 mg ácido gálico/g extracto, flonoides 441,9 mg catequina/g extracto, y taninos 54,8 mg catequina/g extracto. La actividad antioxidante fue alta, comparable, compuestos antioxidantes de referencia conocidos: 720,3 mg de trolox por gramo de extracto o 92,1 mg de trolox por g de corteza. Después de la molienda de la corteza, la fracción se enriqueció en extractivos polares (40,6%). *C. langsdorffii* la corteza es una fuente potencial de extractos funcionales, por lo que representa una valorización de la corteza residual obtenida durante el procesamiento industrial de árboles para madera.

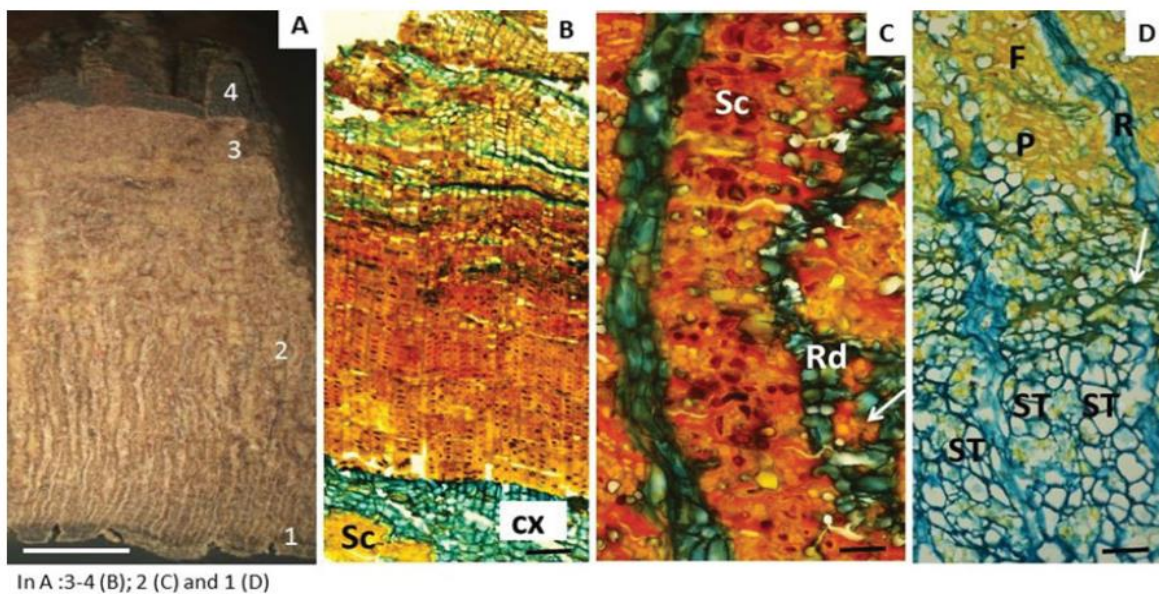


Figura 04. Sección macroscópica y microscópica de la especie *Copaifera langsdorffii*. Fuente: (Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Cardoso, et al. 2016b).

Da Silva (2016), en la tesis de doctorado de la Universidade Federal de Lavras, titulada: “Características anatômicas e ecológicas de casca e madeira de *Anadenanthera*”. Muestras de las cortezas fueron recolectadas de árboles de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, y de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. creciendo en un remanente de bosque estacional semidecíduo montana del bioma Mata Atlántica, ubicado en el campus de la Universidad Federal de Lavras en Minas Gerais - Brasil. Los resultados muestran que estructuralmente, las cortezas mostraron ser similares a lo que se refiere a la presencia, morfología y distribución de los elementos constitutivos de las distintas capas que componen la corteza. Los

caracteres distintivos entre las dos especies estudiadas no son muy marcados. Se observaron pequeñas diferencias en ambas especies, en particular, la facilidad de eliminación de la corteza de la madera, la mayor cantidad de células de tan grano y mayor espesamiento de las células del felema de *A. peregrina* y mayor cantidad de células esclerificadas en el floema de *A. colubrina*. La composición química media de las cortezas de *A. colubrina* y *A. peregrina*, proporcionalmente: cenizas de 8,20%; extractores totales 28,77% y 29,33% principalmente, correspondientes a compuestos polares que eran solubles en etanol y agua; lignina 18,85% y suberina 2,40% y 2,58%. La composición los polisacáridos mostraron predominio de glucosa y xilosa (82,88% y 81,18%, 8,71% y 8,89% del total monosacáridos neutros, respectivamente). Los extractos de las cortezas de etanol-agua contenían un alto contenido de compuestos fenólicos y difieren considerablemente entre las cortezas de *A. peregrina* y *A. colubrina*, respectivamente: fenólicos totales 583,0 y 681,9 mg de ácido gálico equivalente/g de extracto, flavonoides 148,3 y 445,2 mg catequina equivalente/g extracto y taninos y mg de catequina equivalente/g de extracto. La actividad el antioxidante correspondió 237,5 y 268,5 mg Trolox/g de extracto, respectivamente. Las cáscaras de *Anadenanthera* presentan un alto contenido de extractores, fundamentalmente de extractores polares y mostraron actividad antioxidante. Los resultados cuantitativos de los elementos celulares de la cáscara y de la madera de *A. peregrina* mostraron diferencias significativas para varios los parámetros, así como la variación entre los especímenes del Norte y del Sur de Minas General. La matriz de correlación de variables, incluidas las características cuantitativas y anatómicas de la corteza y de la madera, características del suelo, altura y el diámetro de las plantas mostró que las plantas fueron asociadas por región. *A. peregrina* puede adoptar estrategias diferentes de supervivencia en cuanto a la seguridad y eficacia del transporte de agua y solutos por la adaptación ecológica de los elementos conductores de la corteza y de la madera.

Paredes *et al.* (2016), realizaron el estudio “Histoquímica de la corteza de cinco angiospermas de una selva baja de Oaxaca”, las especies estudiadas fueron

árboles de las siguientes especies: *C. plurifoliolatum* (Leguminosae), *I. pauciflora* (Convolvulacea), *J. andrieuxii* (Euphorbia-ceae), *L. divaricata* (Leguminosae), *Z. amole* (Rhamnaceae). Consiguieron pedazos de corteza que cuente con la albura y se obtuvieron cortes tangenciales, radiales y transversales. Para las características anatómicas se utilizó la propuesta de la terminología de Trokenbrodt (1990) y se ubicaron: pectinas, lípidos, pectatos de calcio, polifenoles, ligninas, celulosa y hemicelulosas. Sobre los radios se diferenciaron dos conjuntos: en el primero se forman abanicos que posteriormente forman tangenciales bandas; en el segundo los radios son detenidos por alguna tangencial estructura como son: fibras o grupos de esclereidas, bandas de parénquima axial. Destaca el radial arreglo del axial parénquima en *Jatropha*. En la ubicación de pectatos de calcio, destacó una intensa reacción en la mayoría de las células de los 05 ejemplares. Los contenidos celulares presentan una variedad en su composición estacando los canales de *Jatropha* que presentan reacciones intensas a pectatos de calcio, lípidos y polifenoles. Las demás reacciones presentan un proceso de que el parénquima axial se está lignificando al exterior. Existe importante presencia de cristales en las 05 especies. Los resultados se presentan en detalle sobre las diferencias histoquímicas de la corteza de las especies.

Orduño y Terrazas (2017), investigaron “Anatomía de la corteza de tres especies de Leguminosas I. Origen y desarrollo”. Las especies estudiadas fueron: *Acacia cochliacantha* Humb. & Bonpl. ex Willd., *A. farnesiana* (L) Willd. y *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth. Se colectaron en la bosque caducifolia baja de la sierra de Yautepec, en el estado de Morelos México, para cada especie seleccionaron de 3 a 5 individuos adultos, sanos y sin daño aparente. Los resultados muestran que la peridermis, en las tres especies, se origina del estrato subepidérmico, cerca del ápice en ramas de la presente temporada de crecimiento. La rápida formación de peridermis está posiblemente relacionada con adaptaciones ecológicas, como proporcional protección a la alta insolación y desecación, además de funcionar como tejido fotosintético alternativo durante la temporada sin hojas. Las especies presentan una corteza delgada, fibrosa, generalmente lisa, con abundantes

lenticelas y olor característico. Tienen elementos de tubo criboso con placa cribosa compuesta, arreglados en grupos o solitarios, parénquima axial difuso o en bandas, andas tangenciales de fibras, algunos radios ensanchados. Forman una sola peridermis, sin ritidoma. Estas características las comparten con otras leguminosas. Sin embargo, se distinguen entre sí por el tamaño de los radios.

2.2 Marco teórico

2.1.1. Descripciones taxonómicas de las especies a estudiar

Según (Tropicos.org 2019):

- División: Angiospermas.
- Clase: Dicotiledóneas.
- Orden: Sapindales.
- Familia: Meliaceae.
- Género: Cedrela.
- Nombre científico: *Cedrela odorata* L.
- Sinónimos Botánicos: *Cedrela brachystachya* (C. DC.) C. DC., *Cedrela adenophylla* Mart, *Cedrela brownii* Loefl., *Cedrela ciliolata* S.F. Blake, *Cedrela caldasana* C. DC., *Cedrela cubensis* Bisse.
- Nombres comunes: Cedro (Perú), Cedro (Brasil)
- Nombre comercial internacional: Cedro, Cigarbox cedar.
- División: Angiospermas.
- Clase: Dicotiledóneas.
- Orden: Ericales.
- Familia: Lecythydaceae.
- Género: Bertholletia.
- Nombre científico: *Bertholletia excelsa* Bonpl.
- Sinónimos Botánicos: *Barthollesia excelsa* Silba Manso, *Bertholletia nobilis* Miers.
- Nombres comunes: Castaña (Perú) , Castanha do Para (Brasil)
- Nombre comercial internacional: Castanha do Para.

- División: Angiospermas.
- Clase: Dicotiledóneas.
- Orden: Ericales.
- Familia: Lecythydaceae.
- Género: Eschweilera.
- Nombre científico: *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori.
- Sinónimos Botánicos: *Eschweilera acuminatissima* (O. Berg) Miers.,
Eschweilera eymaana R. Knuth, *Chytroma cincturata* Miers.
- Nombres comunes: Misa, Misa blanca (Perú), Matamatá (Brasil).
- Nombre comercial internacional:

2.1.2. Características anatómicas

Descripciones anatómicas de las maderas.

Cedrela odorata, se caracteriza por presentar: Parénquima axial apotraqueal marginal, en bandas regulares, alejadas y contrastadas, distintas a ojo desnudo, y difuso escaso; aceites de resina abundante. Poros / Vasos bien distintos a ojo desnudo, a menudo dispuestos en anillos porosos, los demás distribuidos uniformemente en los anillos de crecimiento. Líneas vasculares distintas, anchas, conteniendo aceite-resina oscuro y puntos de sustancia blanca. Rayos en la parte superior, irregularmente espaciados, finos, visibles a ojo desnudo; en la cara tangencial, irregularmente dispuestos, notados a ojo desnudo, poco contrastados en la cara radial. Canales secretores traumáticos normalmente presentes. Las capas de crecimiento demarcadas por las franjas del parénquima marginal y por los poros de mayor diámetro con tendencia a formar anillos porosos. Parénquima axial apotraqueal marginal, con 1 a 7 células de ancho, y difuso escaso; de dos a seis células por serie. Poros / Vasos solitarios en pequeña cantidad, y múltiples radiales de 2 a 5; muy pocos a numerosos, de 1 a 8 poros por mm²; pequeños y grandes, de 80 a 260 µm de diámetro tangencial; placa de perforación simple; puntadas intervasculares alternas, poligonales, pequeñas y medianas, de 5 a 10 µm de

diámetro; elementos vasculares, cortos a largos, de 260 a 650 μm . Rayos homocelulares y heterocelulares, común a la fila de células cuadradas marginales; multiserias, de 2 a 4 celdas de ancho, predominando los triseriados; extremadamente bajos, de 80 a 400 μm de altura, y en células, hasta 22 de alto; muy pocos a poco numerosos, de 2 a 6 radios por mm; las punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares; aceite de resina y cristales romboidales presentes. Fibras cortas a largas, de 1,0 a 1,7 mm de longitud; estrechas a medias de 19 a 34 μm de ancho; muy delgadas y delgadas (International Tropical Timber Organization 2019b).

Bertholletia excelsa, anatómicamente se caracteriza por ser: madera difusa porosa. Vasos solitarios y en múltiples radiales cortos. Ocasionalmente, diámetro tangencial de la luminaria del vaso 200 micras o más. Tilos comunes. Embarcaciones por mm^2 inferiores a 6 (raras). Placas de perforación simples. Fosas de rayos vasculares similares a las fosas intervasculares Ocasionalmente, se observa parénquima axial a simple vista. Parénquima axial en bandas marginales o aparentemente marginales. Parénquima axial en líneas tangenciales continuas (incluidas en reticulado y escalariforme). Cristales prismáticos en parénquima axial de cámara de 4 a 10 rayos por mm (medio). Rayos 1 a 4 seriados. Fibras con hoyos simples a minúsculos bordeados (International Tropical Timber Organization 2019a).

2.2. Definición de términos

Área criada: grupo delimitado de orificios situado en la pared de un elemento cribado, revestidos o no de callos, por donde pasan plasmodesmas (IAWA 2016).

Camada de oclusión: capa compacta de células de la lenticela, con pared generalmente suberizada, terminal o alternada con tejidos de relleno (IAWA 2016).

Célula cribada: célula con áreas cribadas de distribución uniforme y orificios estrechos que se concentran en las regiones de contacto con células congéneres; típica de gimnospermas y angiospermas primitivo (IAWA 2016).

Cortex: Conjunto de tejidos parenquimáticos de origen primario, parénquima, colénquima y/o esclerénquima, situado entre el tejido floemático y las capas de tejido de revestimiento; presentando con frecuencia porciones de floema primario (Richter *et al.* 1996).

Corteza: Son todos los tejidos excepto el cambium vascular de árboles, arbustos o lianas, cumple funciones vitales en la planta viva, como el transporte y (re) distribución de La fotosíntesis y moléculas de señalización a diferentes partes de la planta, soporte mecánico, y protección contra la radiación solar, sequía, daños físicos, patógenos de plantas y herbívoros (IAWA 2016).

Elemento de tubo cribado: Células conductoras de asimilados dispuestas en serie axial, interconectadas por placas cribadas formando un tubo denominado tubo cribado (Richter *et al.* 1996).

Felógeno: Capada meristemática, de origen secundario, que produce felema centrifugamente y feloderme centripetamente (Richter *et al.* 1996).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de estudio

El tipo de investigación para esta tesis fue básico aplicado y el método descriptivo con datos cualitativos y cuantitativos. Porque se realizó la descripción macroscópica, microscópica y densidad de la corteza de tres especies forestales y su respectiva cuantificación.

3.2 Diseño del estudio

El método que se empleó en la presente tesis de investigación fue analítico descriptivo, que consistió en estudiar las características anatómicas de la corteza de tres especies forestales en un bosque de terraza alta en la región de Madre de Dios. Se obtuvo una investigación cuantitativa y cualitativa a través de los ensayos con las muestras respectivas de corteza, donde se procesó, analizó e interpretó la información. Los ensayos y metodologías para llegar a los objetivos planteados en esta tesis de investigación, estuvieron fundamentadas en metodologías establecidas por la International Association of Wood Anatomists (IAWA 2016) y la Norma Técnica Peruana: (NTP N°251.008 2016; NTP N°251.011 2016).

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población se encontró ubicado en el fundo “El Bosque”, que es un bosque primario descremado de 428 ha, la distribución administrativa de dicho fundo es de 27 bloques, que se utiliza para fines de investigación, en los cuales se ubicaron la parcela de evaluación. Los árboles seleccionados fueron *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori, dichos árboles que se encuentren en la parcela de evaluación fueron la población de la investigación en total 13 árboles (Tabla 02).

Tabla 02. Árboles inventariados de las tres especies forestales con sus respectivas coordenadas y la información dasométrica de la parcela 27 del fundo “El Bosque”.

N°	Nombre Común	Nombre científico	Familia	DAP (cm)	Coordenadas		Altura (m)
					Este	Norte	
1	Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	31.8	485051	8622036	23
2	Misa blanca	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	70	485098	8622019	26
3	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	57.3	485150	8621949	25
4	Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	95.5	485116	8621957	27
5	Misa blanca	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	73.2	485202	8621977	28
6	Misa blanca	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	50	485338	8621908	25
7	Misa blanca	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	89.8	485568	8621792	24
8	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	29.9	485578	8621608	22
9	Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	95.5	485485	8622041	30
10	Misa blanca	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	74.8	485370	8622067	25
11	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	73.2	485340	8622022	26
12	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	68.8	485170	8622033	20
13	Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	39.8	485184	8622010	25

3.3.2 Muestra

Las muestras de la corteza fueron colectadas de 09 árboles por especie (*Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori), 03 árboles por especie (Tabla 03) creciendo naturalmente en el fundo “El Bosque”. El número de muestra estuvo basado en la Norma Técnica Peruana (NTP N°251.008 2016), que menciona que el número de árboles mínimo de una población de especies forestales para estudios tecnológicos es 03 árboles y también se tiene como referencia a Da Silva (2016), que en su tesis de doctorado selecciono 03 árboles de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. y *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. La forma de obtención de la muestra fue probabilística, con un muestreo aleatorio simple. Donde todos los árboles que conforman la población tienen idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra. Además de la NTP, se toma como referencia la metodología de (Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Carmo, et al. 2016; Carmo, Alvarez, Quilhó, Carvalho, Carmo, et al. 2016b) que utilizaron tres arboles por especie en sus investigaciones, publicadas en revistas científicas internacionales.

3.4 Métodos y técnicas

A. Lugar de Colecta

La investigación se ejecutó en el fundo “El bosque”, perteneciente a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, ubicado en la región de Madre de Dios, provincia de Tambopata, distrito de Las Piedras a 16,5 km de la ciudad de Puerto Maldonado en la carretera Interoceánica Sur sentido Puerto Maldonado – Iñapari. Dicho fundo tiene una extensión aproximada de 428 ha distribuidos administrativamente en 27 bloques.

B. Clima.

El clima de Puerto Maldonado está catalogado de tropical. Existe lluvias en la mayoría de los meses del año de manera significativas. La pequeña estación seca cuenta con poca consecuencia sobre el clima general. El clima se cataloga como Am por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura promedio anual es de 25.4 °C en la ciudad. La precipitación media anual es 2221 mm (Figura 05). Existe una reducida precipitación en el mes de la estación seca específicamente en junio, con una media de 55 mm., con un promedio de 342 mm, la precipitación más fuerte se da en el mes de enero. Presenta una temperatura promedio de 26.6 °C, el mes de noviembre es el mes más caluroso del año, en julio tiene la temperatura media es más baja del año de 23.5 ° C. (Climate-Data.org 2019).

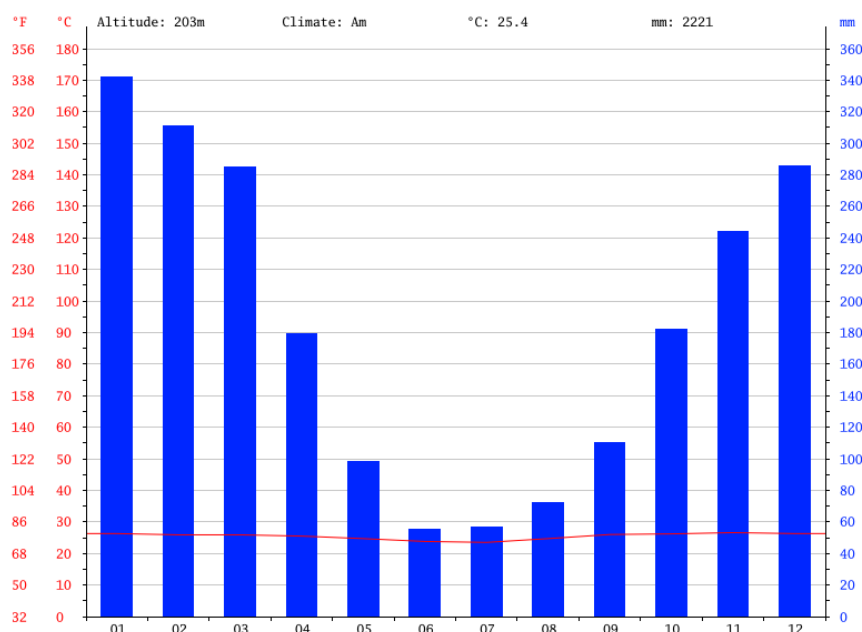


Figura 05. Diagrama Ombrotérmico de la ciudad de Puerto Maldonado, barras azules representa la precipitación y línea roja representa la temperatura, ambas mensuales (Climate-Data.org 2019).

3.1.1. Procedimiento.

➤ Fase de Campo

Las muestras de la corteza fueron colectadas de 09 árboles de *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori, 03 árboles por especie creciendo naturalmente en el fundo “El Bosque” (Figura 06). Los árboles fueron seleccionados aleatoriamente, georeferenciados (Figura 07), recolectando información dasométrica de altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP); las muestras de corteza fueron obtenidas a la altura del DAP (Tabla 02), a través de dos cortes paralelos que se realizó con cierra manual y posteriormente se extrajo con formón y martillo, de un tamaño aproximado de 2,5 x 10 x 5 cm aproximadamente (Figura 08). Esta muestra fue dividida en tres, una para la parte macroscópica, otra para la parte microscópica y la última para la densidad. El área extraída del tronco fue curada con un cicatrizante hormonal para evitar futuros daños y sellada con silicona líquida, para protegerlo.

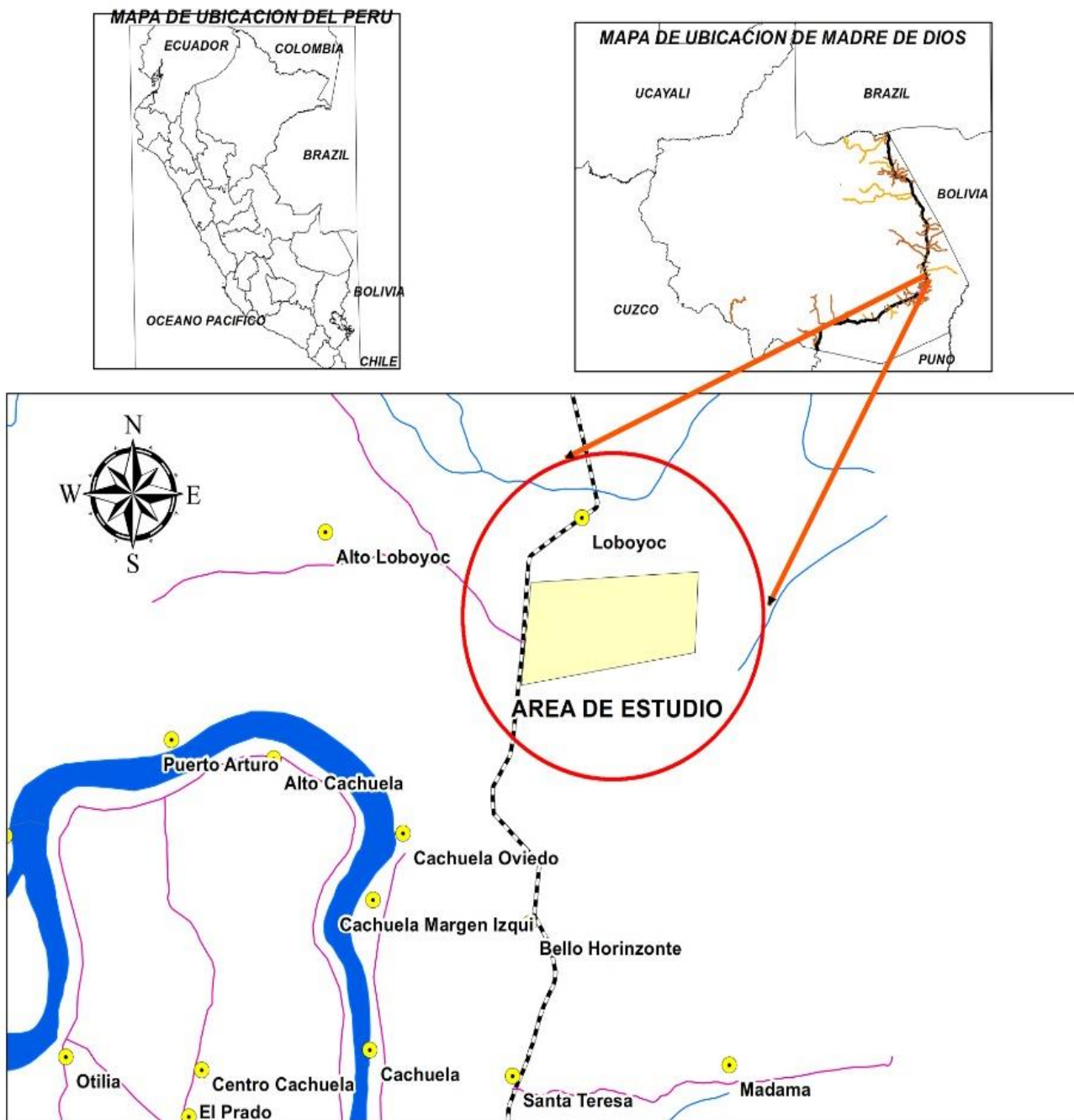


Figura 06. Zona de ubicación del área de investigación de anatomía de la corteza de las tres especies forestales.

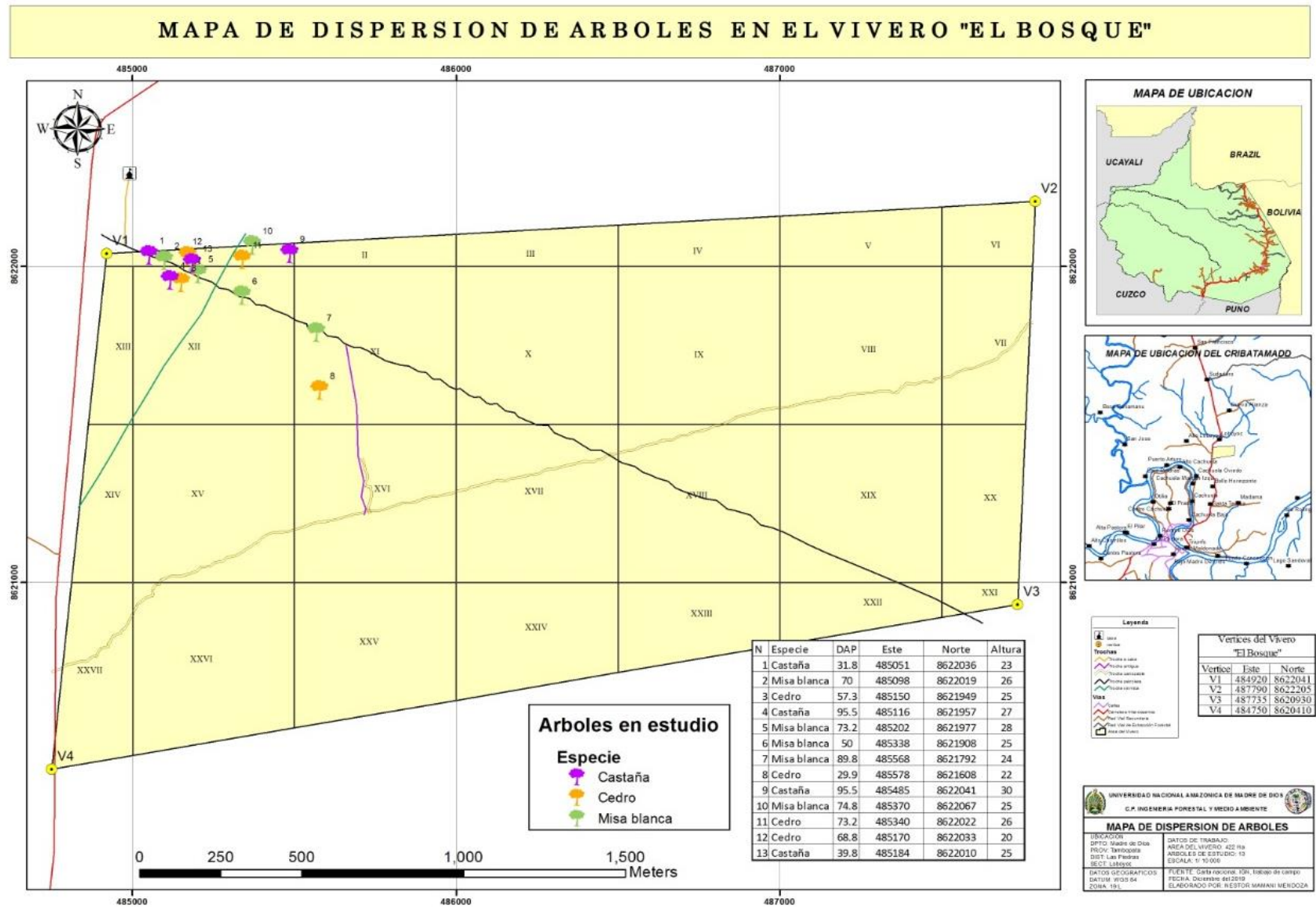


Figura 07. Mapa de dispersión de las tres especies seleccionadas para el estudio de la anatomía de las cortezas.

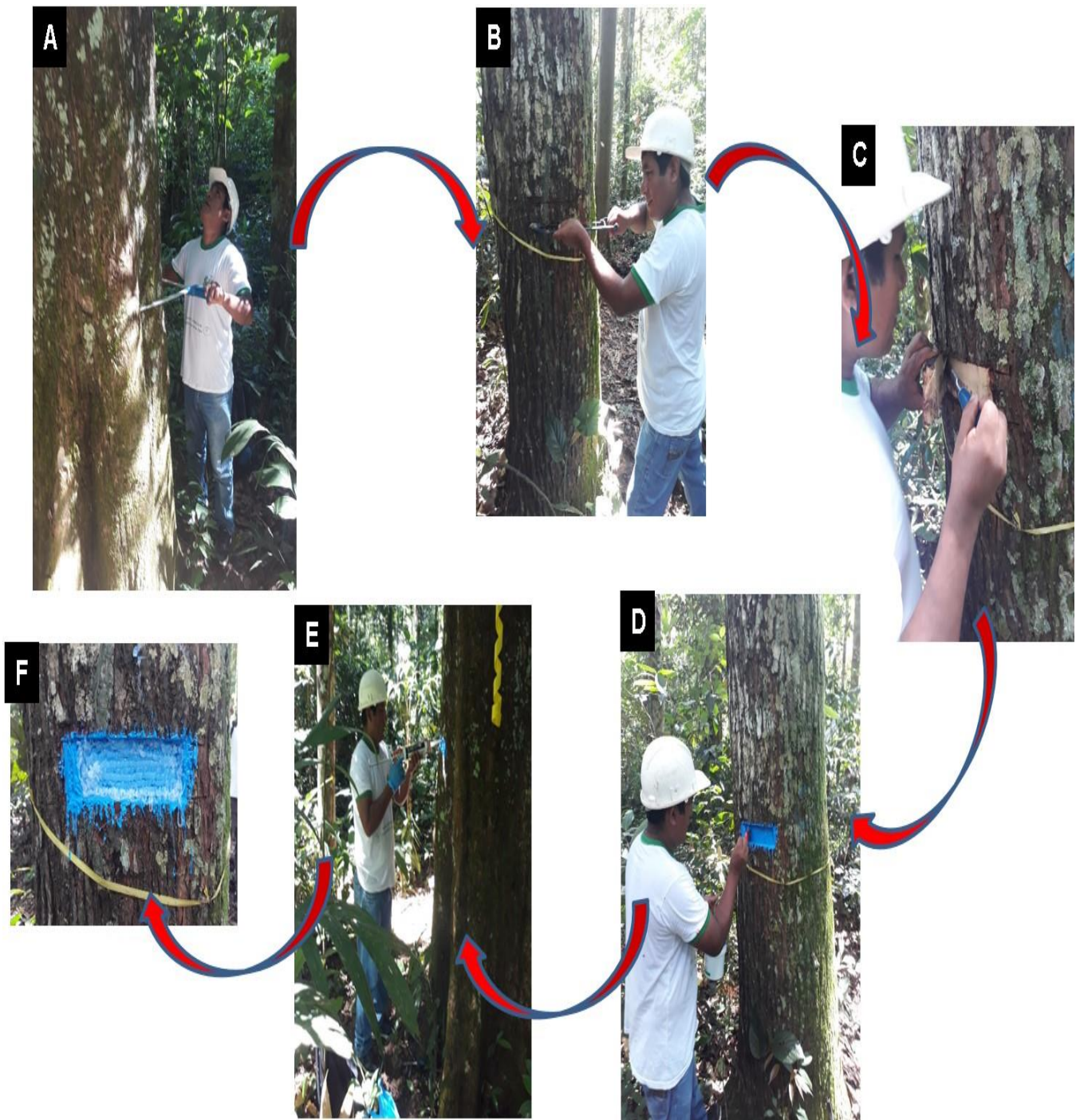


Figura 08. Fase de campo de la anatomía de las cortezas. A) Obtención del diámetro del fuste. B) Corte paralelo con cierra de arco. C) Extracción de la corteza con formón. D) Colocación del cicatrizante. E) Colocación de silicona. F) Foto final del proceso.

Tabla 03. Árboles seleccionados de las tres especies forestales con sus respectivas coordenadas y la información dasométrica.

N°	NOMBRE		NOMBRE COMUN	DAP (cm)	ESTE	NORTE	ALTURA (m)
	CIENTIFICO	FAMILIA					
1	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	Castaña	31.8	485051	86220136	23
2	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	Castaña	95.5	485116	8621957	27
3	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	Castaña	95.5	485485	8622041	30
4	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Cedro	57.3	485150	8621949	25
5	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Cedro	29.9	485578	8621608	22
6	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Cedro	73.2	485340	8622022	26
7	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	Misa Blanca	70	485098	8622036	26
8	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	Misa Blanca	73.2	485202	8621977	28
9	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	Misa Blanca	50	485370	8622067	25

➤ Fase de Laboratorio

Caracterización Macroscópica.

Para el análisis de la estructura macroscópica, se prepararon muestras de las tres especies forestales, luego en el plano transversal fueron lijadas y pulidas con lijas de diferentes granulometrías (60-1200 granos/cm²), con la finalidad de poder visualizar mejor las características macroscópicas de las cortezas, como las capas que forman la corteza y la distinción de sus tejidos. La superficie de los cuerpos de prueba fue visualizada con el uso de un microscopio estereoscópico con cámara incorporada marca Leica.

Caracterización Microscópica.

Las muestras de corteza fueron cortadas con el micrótopo de deslizamiento horizontal marca Leica, siguiendo los planos de corte transversal, radial y tangencial en micras. Se utilizó el procedimiento tradicional de extracción de las muestras (maderas) en micrótopo con adaptaciones para que las muestras no se rompan, procedimientos empleados por (De Magistris 2003; Maurício 2014).

Posteriormente de la obtención de las muestras fueron coloreadas con una coloración de azul de metileno. Posteriormente se pusieron los cortes en el porta objetos y se colocó gotitas de glicerina para realizar la colecta de microfotografías en diferentes aumentos en el microscópico de marca Leica. Las descripciones de las cortezas estuvo basado IAWA List of Microscopic Bark Features (IAWA 2016).

Densidad de las cortezas

La densidad básica de la corteza (DB) se determinó utilizando el peso seco al horno (Kg) y el volumen húmedo por el método de inmersión en agua (Figura 09):

$$DBc = \frac{PSH}{VH} \text{ Kg } m^{-3} \dots\dots\dots (1)$$

Dónde: DBc es la densidad básica de la corteza, PSH es la masa de la muestra (Kg) y VH es el volumen de la muestra (m^3). La determinación se realizó en 03 árboles por especie (Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Carmo, *et al.* 2016; Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Cardoso, *et al.* 2016b).

3.5 Tratamiento de los datos

La descripción microscópica y macroscópica de la corteza de las tres especies se realizó con la norma internacional (IAWA 2016).

La determinación de la densidad de las cortezas se realizó usando la metodología de (Carmo *et al.* 2016).

Los datos de la anatomía y la densidad de la corteza de las tres especies fueron analizados por el Software R versión 3.5.1. (R Development Core Team 2013). Realizando 25 mediciones anatómicas por elemento.



Figura 09. Fase de laboratorio donde se muestra la metodología realizada para la obtención de los datos para las propiedades físicas de las cortezas. A) Medición con micrómetro. B) Registro de los datos. C) Muestras de corteza de las tres especies estudiadas D) Colocación de las muestras en estufa.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A.- Descripción macroscópica de la anatomía de las cortezas de *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori.

Nombre Científico : *Bertholletia excelsa* Bonpl.

Nombre Vulgar : Castaña.

Familia : Lecythidaceae.

En la sección longitudinal la corteza (externa), se caracteriza por ser fisurada, de coloración gris oscuro a negruzco (Figura 10/A). En general la sección transversal, presenta una coloración castaño crema rojiza. Por la presencia de una estructura fibrosa su separación en el momento de la manipulación es difícil.

La corteza externa muestra escasa peridermis, lo que genera un ritidoma escaso (Figura 10 – Figura 11/B). Textura fibrosa, radios gruesos visibles a simple vista, bien contrastada, con dilatación de los radios aparentemente ausente. Presenta floema incluido bien característico de una coloración marrón rojizo oscuro grueso y además, diferencia abrupta entre la corteza externa e interna muy evidente.

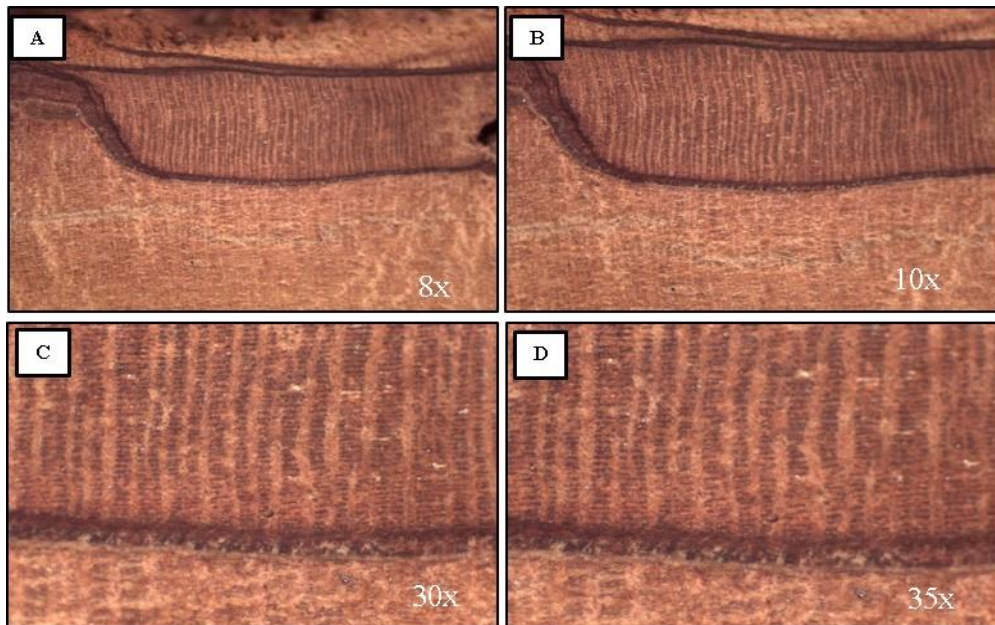


Figura 10. Sección transversal de la corteza de *Bertholletia excelsa* a diferentes aumentos.



Figura 11. *Bertholletia excelsa*. **(A)** Corteza externa longitudinal, diseño fisurado, gris a oscuro o negruzco. **(B)** Corteza sección macroscópica transversal. **(R)** Ritidoma y **(FL)** Floema. **(1, 2, 3, 4, 5)** peridermis sucesivas.

Nombre Científico : *Cedrela odorata* L.

Nombre Vulgar : Cedro.

Familia : Meliaceae.

En la sección longitudinal la corteza (externa), se caracteriza por ser agrietada, de coloración marrón cenizo claro, grietas separadas entre sí, los ritidomas son escasos forman placas casi rectangulares (Figura 12/A).

En general la sección transversal, presenta una coloración castaño rojizo. Por la presencia de una estructura laminar se separan fácilmente al manipular la corteza.

La corteza externa muestra numerosas capas peridérmicas, lo que genera un ritidoma escaso (Figura 12 – Figura 13/B). Textura fibrosa, radios no visibles a simple vista, con dilatación de los radios aparentemente ausente. Presenta una diferencia abrupta entre la corteza externa e interna muy evidente.

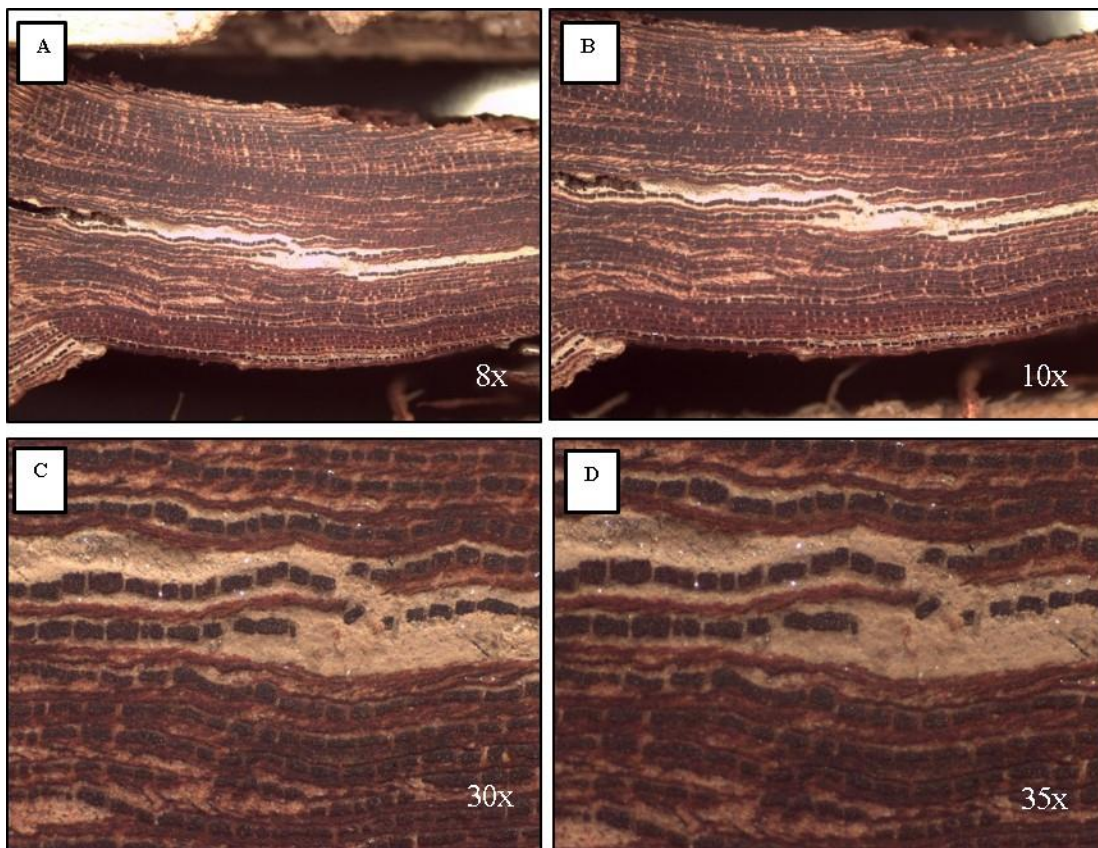


Figura 12. Sección transversal de la corteza de *Cedrela odorata* a diferentes aumentos.



Figura 13. *Cedrela odorata*. **(A)** Corteza externa longitudinal, diseño fisurado, fisuras longitudinales rectas. **(B)** Corteza sección macroscópica transversal. **(R)** Ritidoma y **(FL)** Floema.

La descripción macroscópica de la sección transversal de *Cedrela odorata*, coincide con lo descrito por Garland *et al.* (2002)., los autor menciona que *Cedrela fissilis* en la sección transversal los radios no son visibles al ojo desnudo, coincidiendo con lo descrito para *C. odorata*; además, mencionan que la textura es fibrosa, no presenta exudaciones y presenta la particularidad de diseño fisurado de color grisáceo.

Nombre Científico : *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori.

Nombre Vulgar : Misa.

Familia: Lecythidaceae.

En la sección longitudinal la corteza (externa), se caracteriza por ser lisa con ritidomas escamosos que se desprenden irregularmente, de coloración grisácea oscuro. (Figura 14/A).

En general la sección transversal, presenta una coloración castaño marrón claro. Por la presencia de una estructura fibrosa su separación en el momento de la manipulación es difícil.

La corteza externa tiene pocas capas peridérmicas, lo que genera un ritidoma muy escaso (Figura 14 – Figura 15/B). Textura muy fibrosa, radios medianos visibles a simple vista, con radios fuertemente dilatados en forma de cuña. Presenta floema incluido poco contrastado de una coloración crema marrón oscuro fino. Presenta una diferencia abrupta entre la corteza externa e interna.

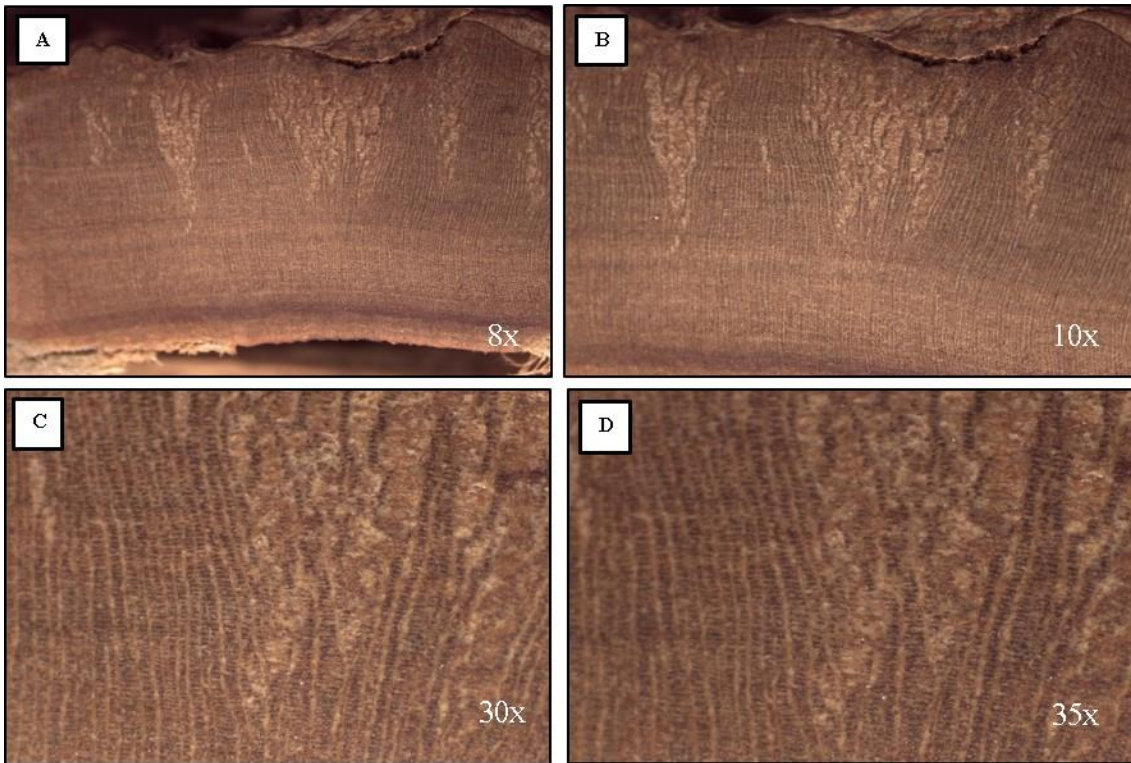


Figura 14. Sección transversal de la corteza de *Eschweilera coriacea* a diferentes aumentos.

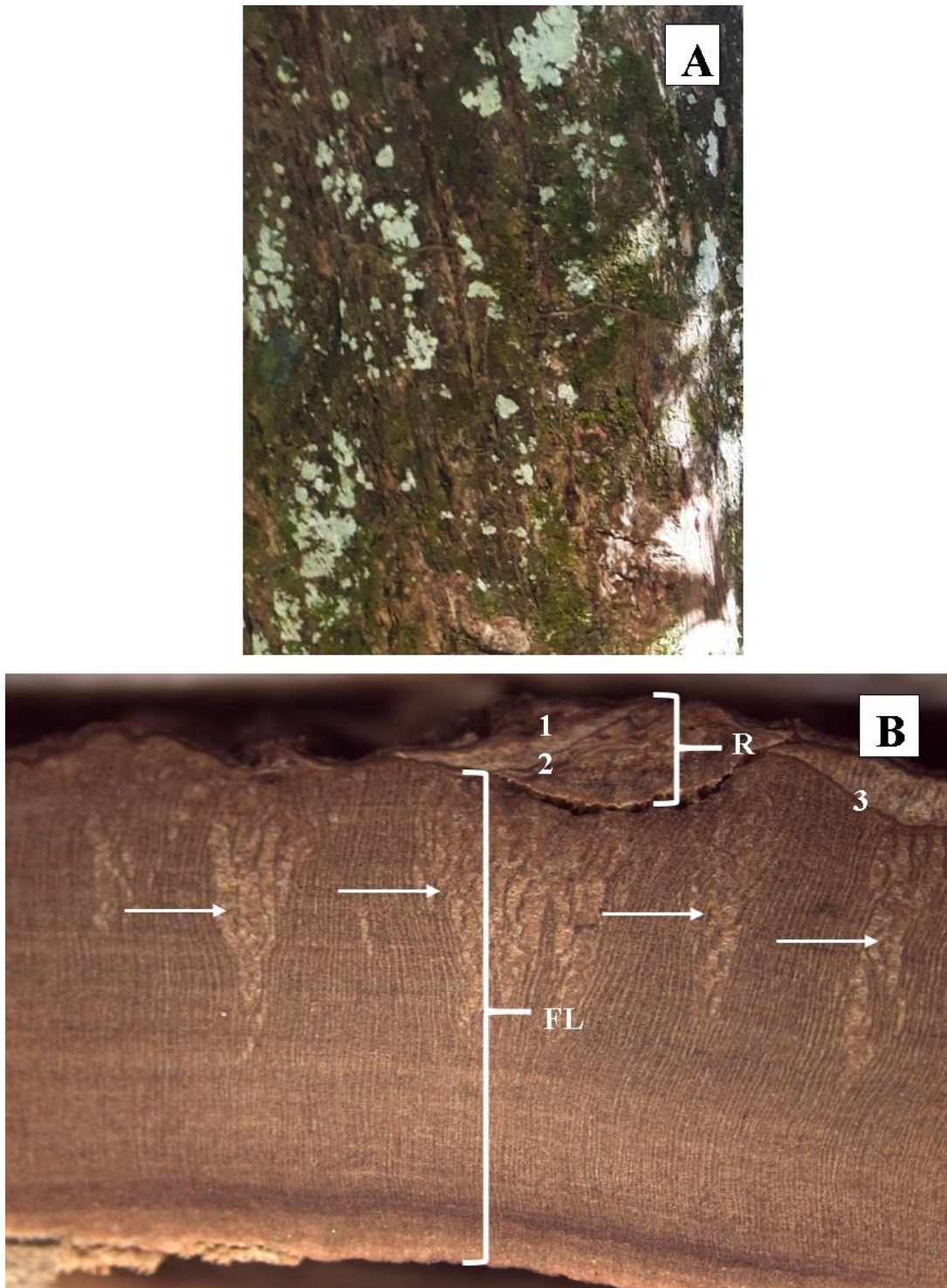


Figura 15. *Eschweilera coriacea*. **(A)** Corteza externa longitudinal, lisa con ritidomas escamosos que se desprenden irregularmente, de coloración grisácea oscuro. **(B)** Corteza sección macroscópica transversal. **(R)** Ritidoma y **(FL)** Floema. Flechas blancas indican radios floemáticos dilatados.

B.- Descripción microscópica de la anatomía de las cortezas de *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori.

Nombre Científico : *Bertholletia excelsa* Bonpl.

Nombre Vulgar : Castaña.

Familia: Lecythidaceae.

La corteza interna presenta mayor tejido lignificado duro (fibras) y escaso floema blando (tejido floemático no lignificado). El floema duro se representa y caracteriza por únicamente de fibras presentes en forma de columnas rectangulares que no conforman anillos continuos.

La zona de la corteza media evidencia una estructura regular y no estratificada. El floema duro (fibras del floema) presente en forma de columnas rectangulares y que se contrasta de los radios (Figura 16), interrumpidos por radios de 2, 3 y 4 células de ancho. La composición de los radios en la sección radial (Figura 17), presentan células de radios de floema procumbentes. Sobre los radios, el ancho en promedio de 20,8 ($\pm 2,87$) μm ; altura en promedio de 141,9 ($\pm 35,31$) μm ; número de células de ancho en promedio de 3 ($\pm 1,12$) células; número de células de alto promedio de 19 ($\pm 5,38$) células (Tabla 04) (Figura 18). Presencia de cristales de tipo romboide (muy abundante) en las células del parénquima axial.

Tabla 04. Ficha Biométrica de *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Corteza).

Variable	Nº de datos	Promedio	Desv. Estandar	Valor mínimo	Valor máximo	C.V
Altura de radios μm	25	141,9	35,31	67,88917	234,0961	25
Ancho de radios μm	25	20,8	2,87	15,61485	26,15454	14
Células de alto en radios	25	18,6	5,38	9	28	29
Células de ancho en radios	25	2,9	1,12	1	5	38

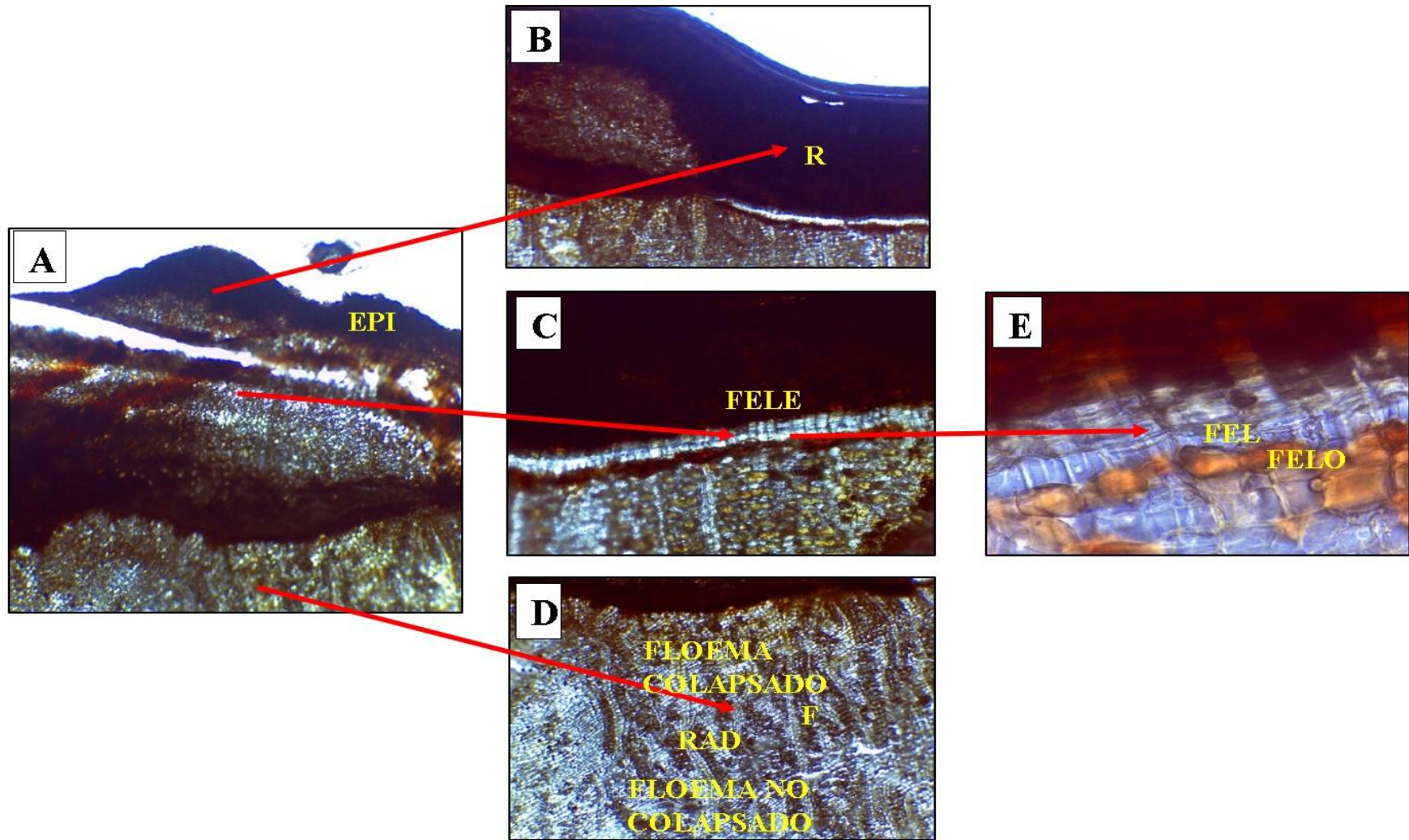


Figura 16. Microfotografía de la sección transversal de *Bertholletia excelsa*. **A)** Peridermis (PER), epidermis (EPI). **B)** Ritidoma (R). **C)** Felema (FELE). **D)** Floema colapsado, radios (RAD), fibras (F) y floema no colapsado. **E)** Felógeno (FEL), felodermis (FELO).

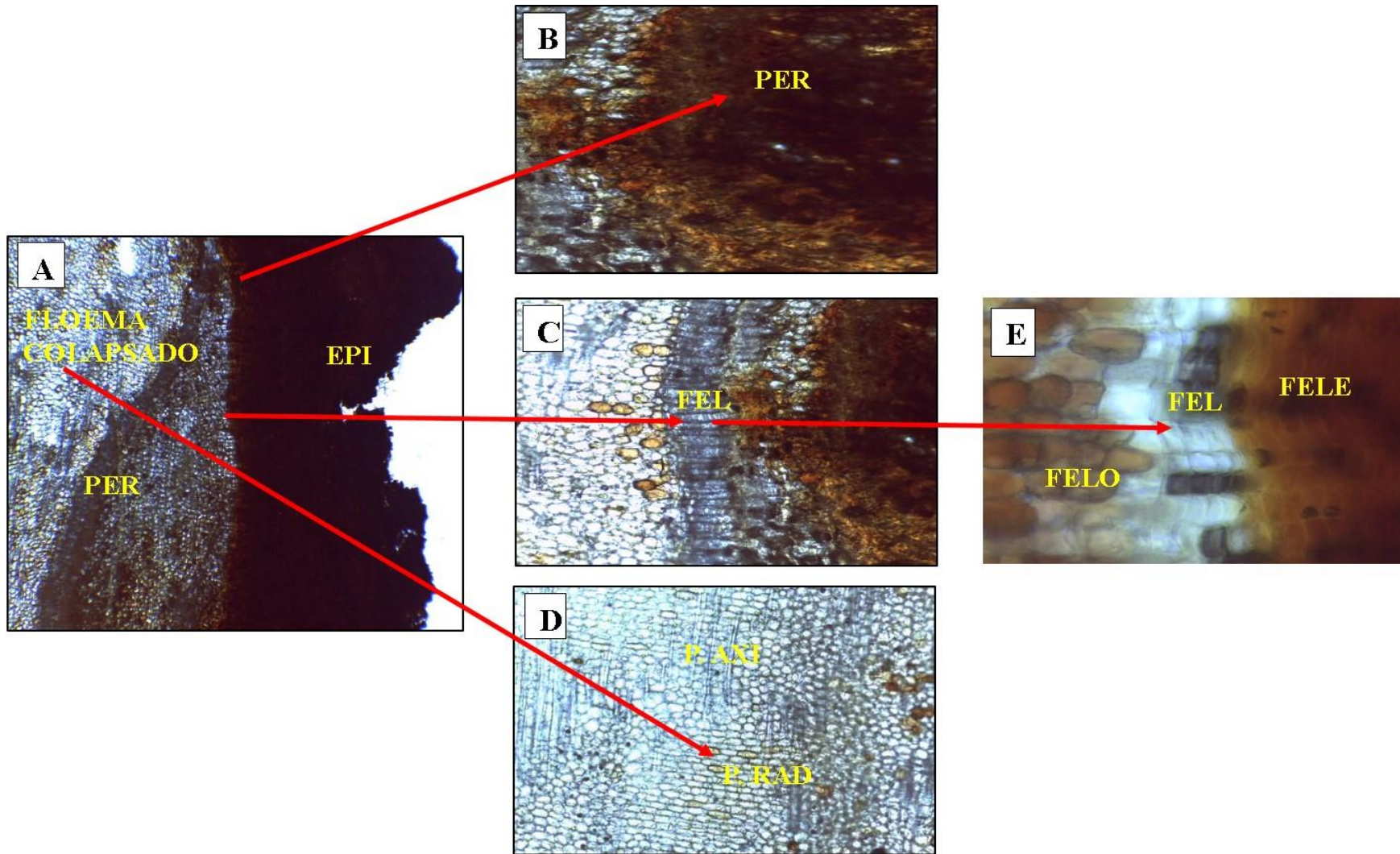


Figura 17. Microfotografía de la sección radial de *Bertholletia excelsa*. **A)** Peridermis (PER), epidermis (EPI), floema colapsado. **B)** Peridermis (PER). **C)** Felógeno (FEL). **D)** Parénquima radial (P. RAD), parénquima axial (P. AXI). **E)** Felógeno (FEL), felodermis (FELO), Felema (FELE).

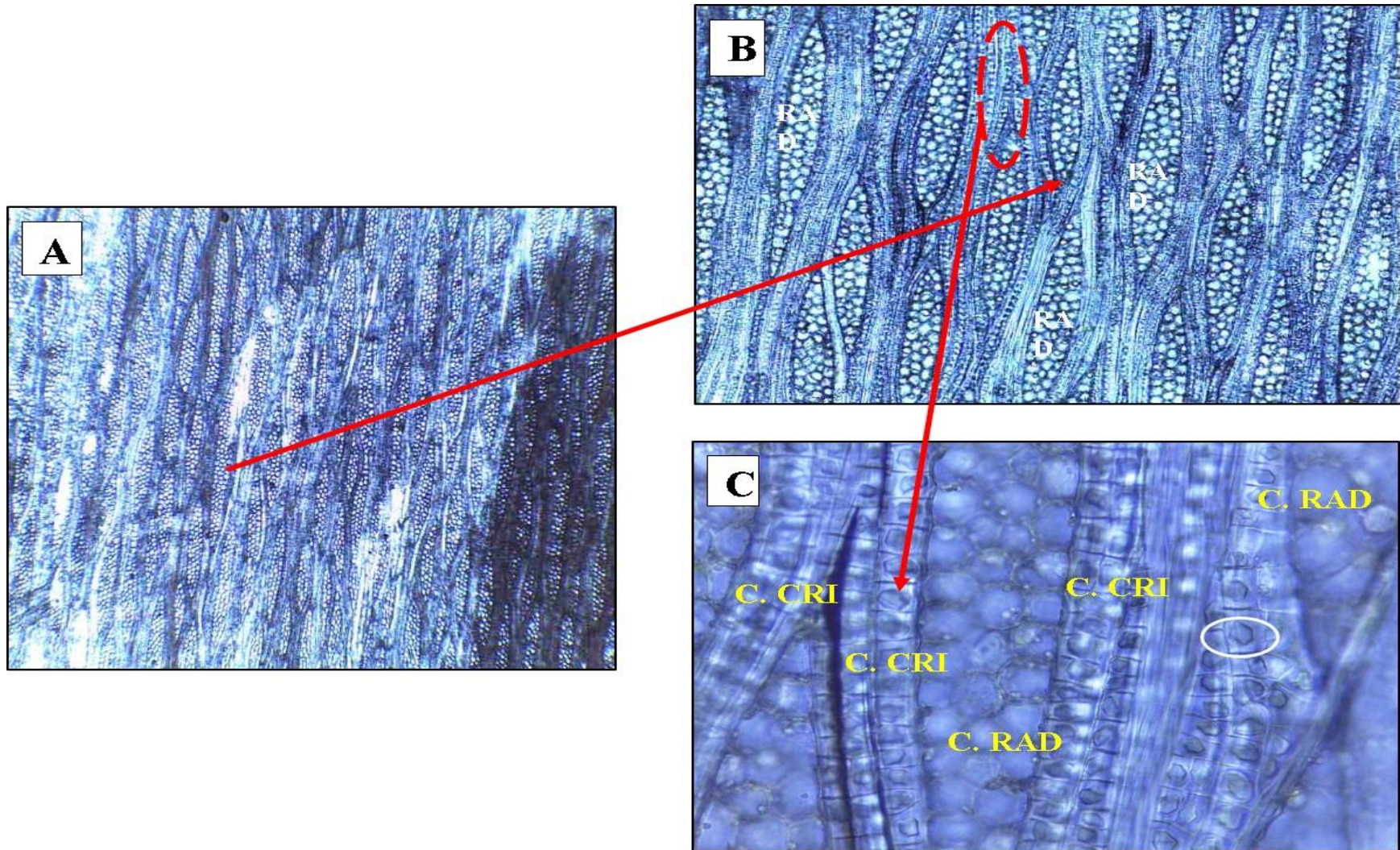


Figura 18. Microfotografía de la sección tangencial de *Bertholletia excelsa*. **A)** Estructura de la sección tangencial. **B)** Rayos múltiples radiales de 2, 3, 4 células (RAD). **C)** Cadena de cristales (C.CRI), células de radio (C.RAD), círculo blanco cristal tipo romboide.

Nombre Científico : *Cedrela odorata* L.

Nombre Vulgar : Cedro.

Familia : Meliaceae.

La corteza interna presenta varias capas de floema blando (tejido floemático no lignificado) y duro (fibras), siendo estas escasas. El floema duro se caracteriza por ser exclusivamente por fibras presentes en forma de placas rectangulares que conforman anillos continuos.

La zona de la corteza media evidencia una estructura muy regular y estratificada. El floema duro (fibras del floema) presente en forma de placas rectangulares y que se superpone con el floema blando (Figura 19), interrumpidos por radios biseriados y triseriados de ancho, desviados por las placas del floema duro. La composición de los radios en la sección radial (Figura 20), presentan todas las células de radios de floema procumbentes. Sobre los radios, el ancho en promedio de 44,7 μm ($\pm 7,90$); altura en promedio de 400,3 μm ($\pm 110,86$); número de células de ancho en promedio de 3 células ($\pm 0,51$); número de células de alto promedio de 18 células ($\pm 4,79$) (Tabla 05) (Figura 21). Presenta cristales de tipo romboide muy abundante y de tipo estiloide o alargados escasos, dichos cristales se encuentran en las células del parénquima axial.

Tabla 05. Ficha Biométrica de *Cedrela odorata* L. (Corteza).

Variable	Nº de datos	Promedio	Desv. Estandar	Valor mínimo	Valor máximo	C.V
Altura de radios μm	25	400.3	110.86	224.553	702.4174	28
Ancho de radios μm	25	44.7	7.90	32.19083	68.11327	18
Células de alto en radios	25	18.2	4.79	11	27	26
Células de ancho en radios	25	2.5	0.51	2	3	20

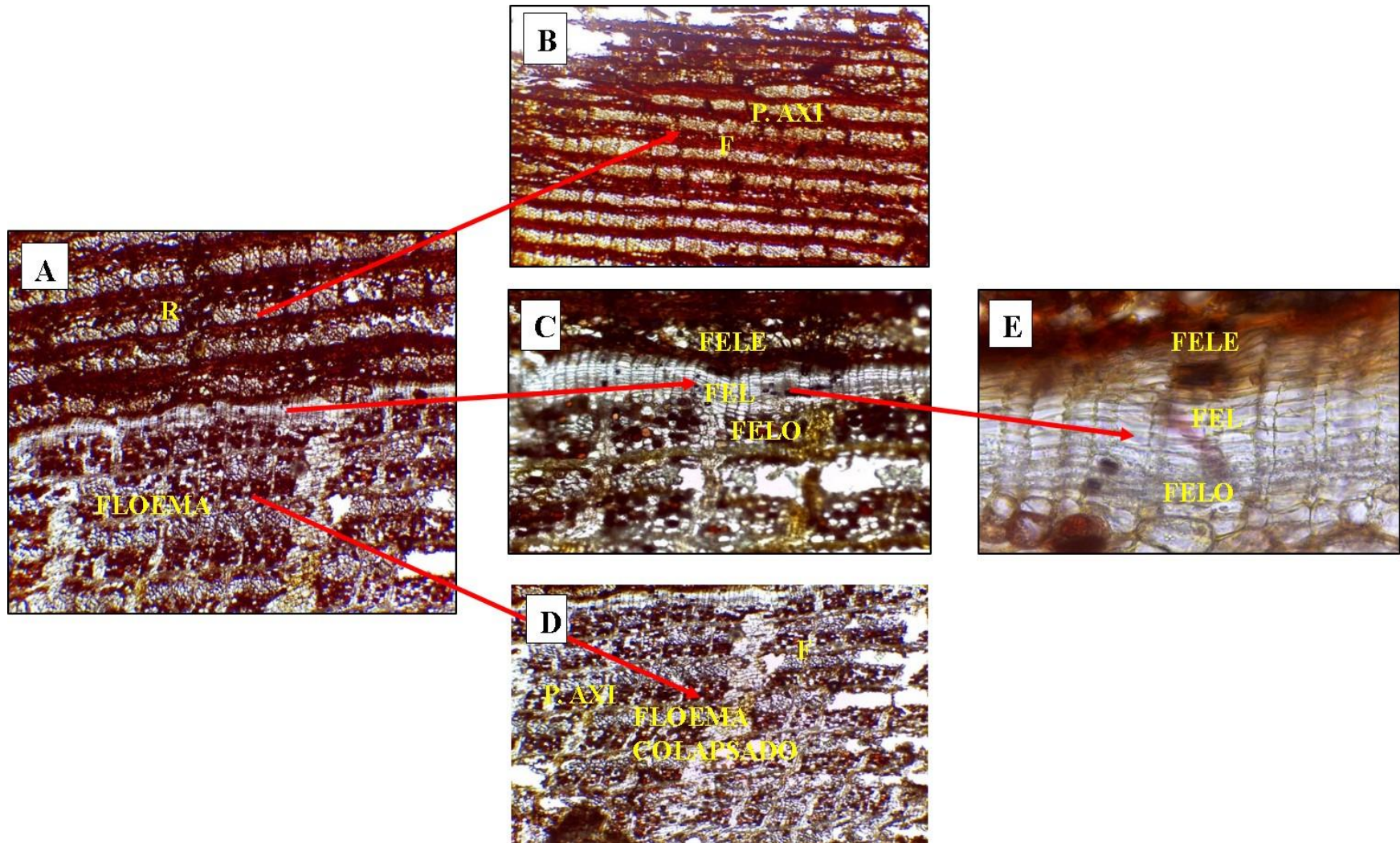


Figura 19. Microfotografía de la sección transversal de *Cedrela odorata*. **A)** Ritidoma (R), floema. **B)** Parénquima axial (P. AXI), fibra (F). **C)** Felema (FELE), felógeno (FEL), felodermis (FELO). **D)** Floema colapsado, Parénquima axial (P. AXI), fibras (F) y floema colapsado. **E)** Felema (FELE), felógeno (FEL), felodermis (FELO).

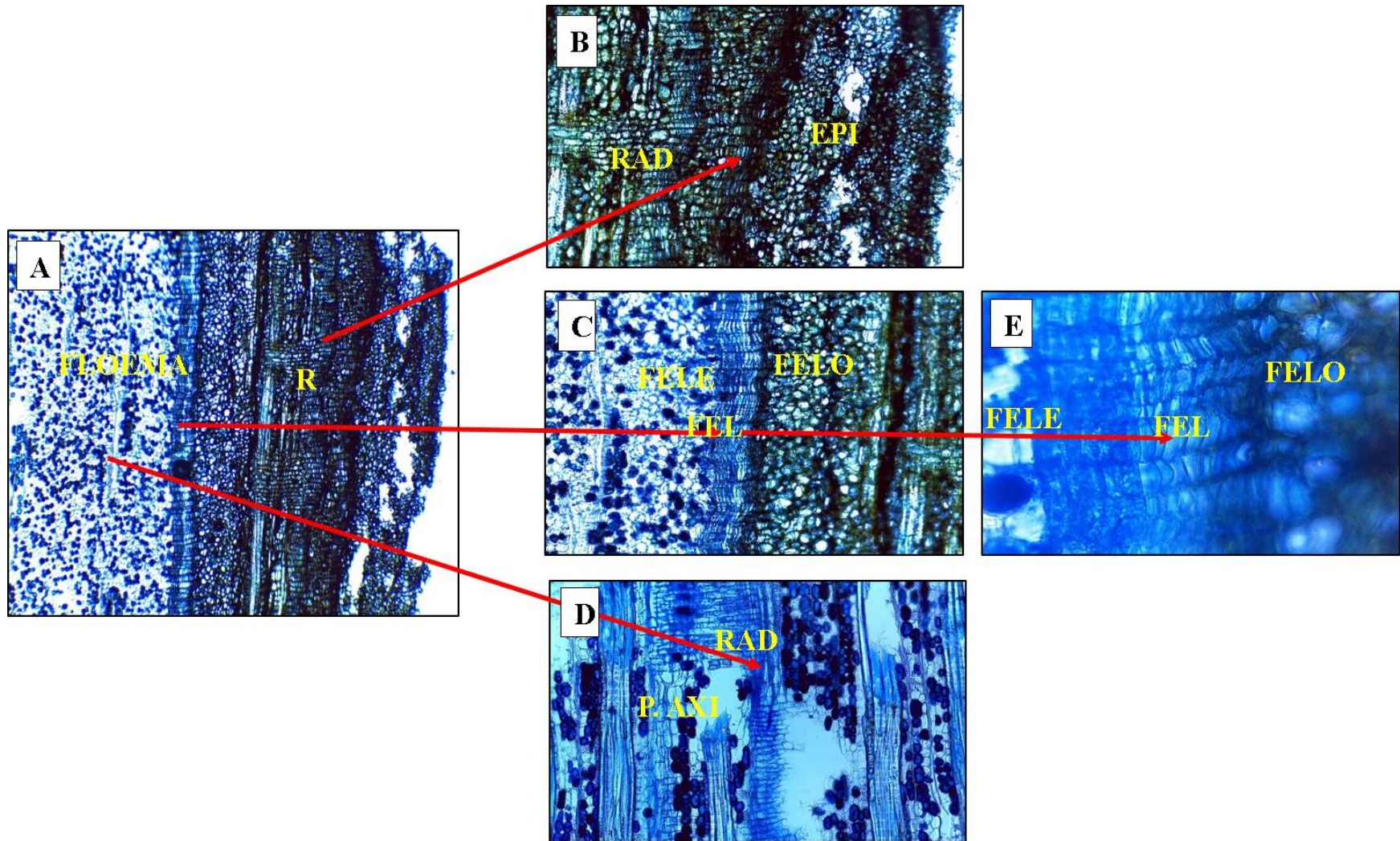


Figura 20. Microfotografía de la sección radial de *Cedrela odorata*. **A)** Ritidoma (R), floema. **B)** Epidermis (EPI), radio (RAD). **C)** Felema (FELE), felógeno (FEL), felodermis (FELO). **D)** Parénquima axial (P. AXI), radio (RAD). **E)** Felógeno (FEL), felodermis (FELO), Felema (FELE).

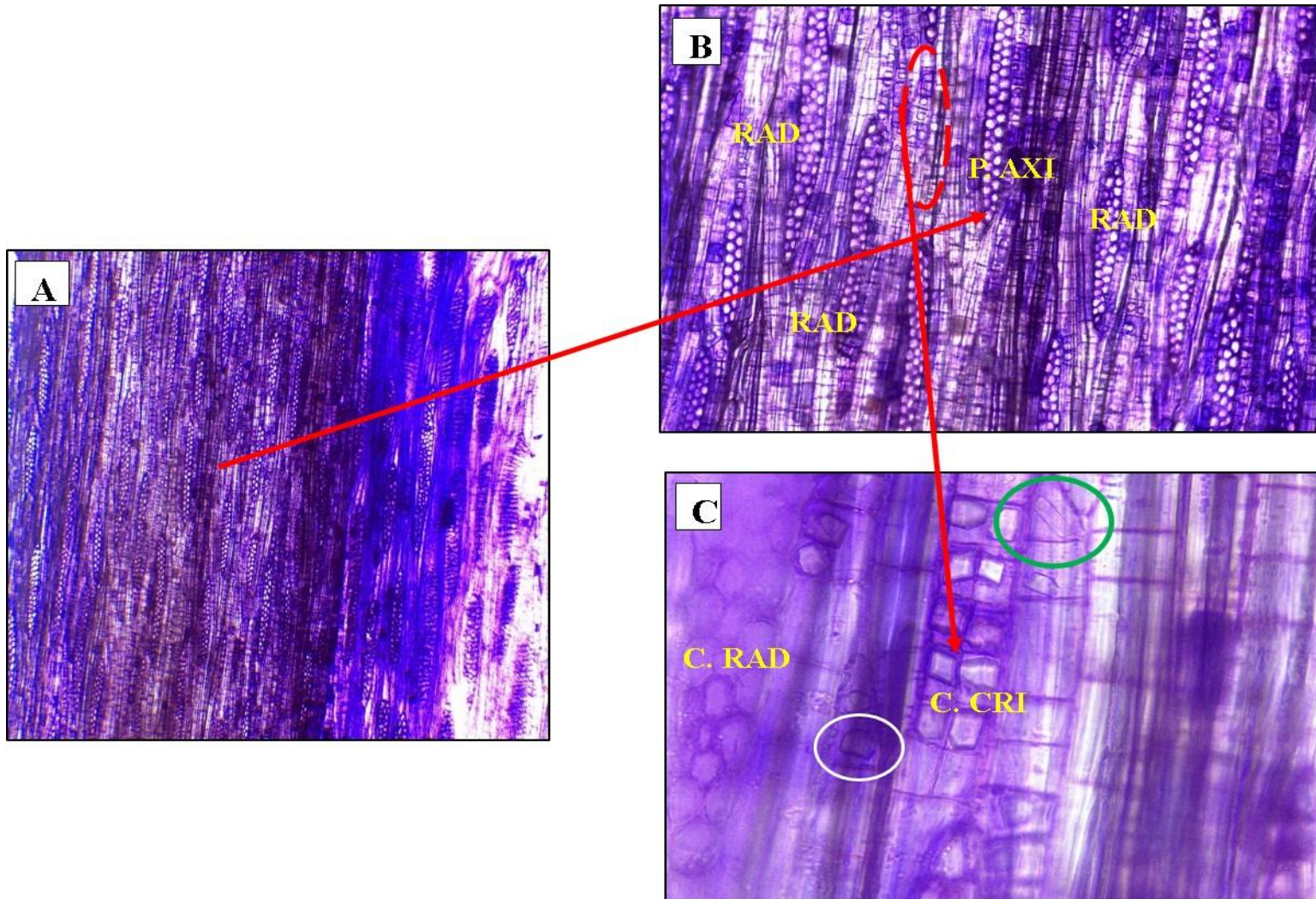


Figura 21. Microfotografía de la sección tangencial de *Cedrela odorata*. **A)** Estructura de la sección tangencial. **B)** Radioas múltiples radiales de 2, 3 células (RAD), parénquima axial (P.AXI). **C)** Cadena de cristales (C.CRI), células de radio (C.RAD), círculo blanco cristal tipo romboide y círculo verde con cristal tipo estiloide o alargados.

Nombre Científico : *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori.

Nombre Vulgar : Misa.

Familia: Lecythidaceae.

La corteza interna presenta mayor tejido lignificado de consistencia dura y escaso floema blando (tejido floemático no lignificado). El floema duro se caracteriza únicamente por fibras presentes en forma de placas rectangulares que conforman anillos continuos poco contrastados.

La zona de la corteza media evidencia una estructura regular y no estratificada. El floema duro (fibras del floema) presente en forma de placas rectangulares y que se superpone con el floema blando (Figura 22), interrumpidos por radios uniseriados y biseriados de ancho. La composición de los radios en la sección radial, presentan células de radios de floema cuadrada (Figura 23). Sobre los radios, el ancho en promedio de 32,1 μm ($\pm 5,27$); altura en promedio de 368,2 μm ($\pm 96,53$); número de células de ancho en promedio de 2 células ($\pm 0,20$); número de células de alto promedio de 25 células ($\pm 6,73$) (Tabla 06) (Figura 24). Presencia de cristales de tipo romboide muy abundante, ubicadas en las células del parénquima axial.

Tabla 06. Ficha Biométrica de *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori. (Corteza).

Variable	Nº de datos	Promedio	Desv. Estandar	Valor mínimo	Valor máximo	C.V
Altura de radios μm	25	368.2	96.53	200.6891	534.6578	26
Ancho de radios μm	25	32.1	5.27	22.8969	43.50741	16
Células de alto en radios	25	24.6	6.73	15	40	27
Células de ancho en radios	25	2.0	0.20	2	3	10

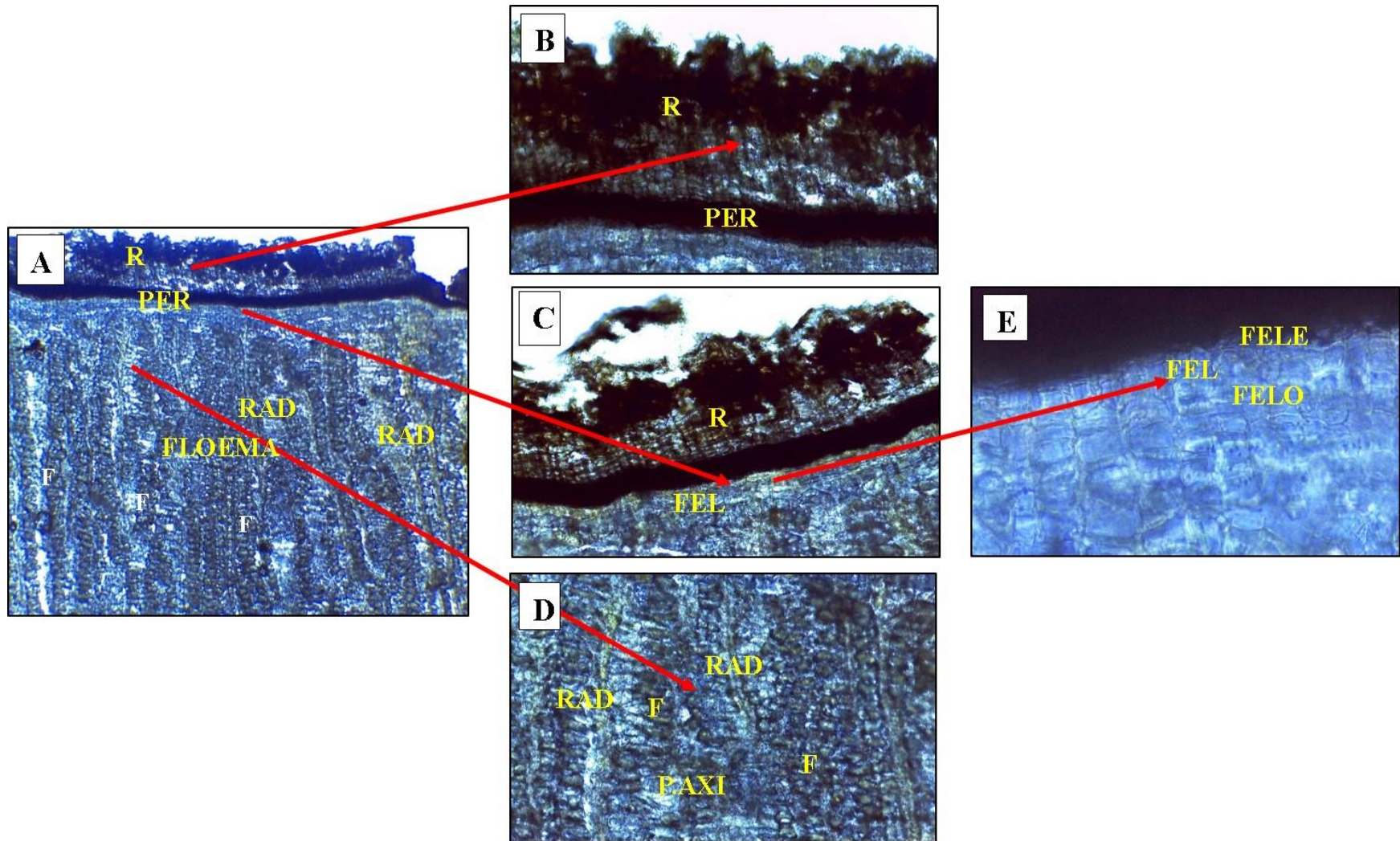


Figura 22. Microfotografía de la sección transversal de *Eschweilera coriacea*. **A)** Ritidoma (R), floema, radio (RAD), fibra (F). **B)** Ritidoma (R), peridermis (PER). **C)** Ritidoma (R), Feloma (FELE). **D)** Parénquima axial (P. AXI), fibras (F), radio (RAD). **E)** Feloma (FELE), felógeno (FEL), felodermis (FELO).

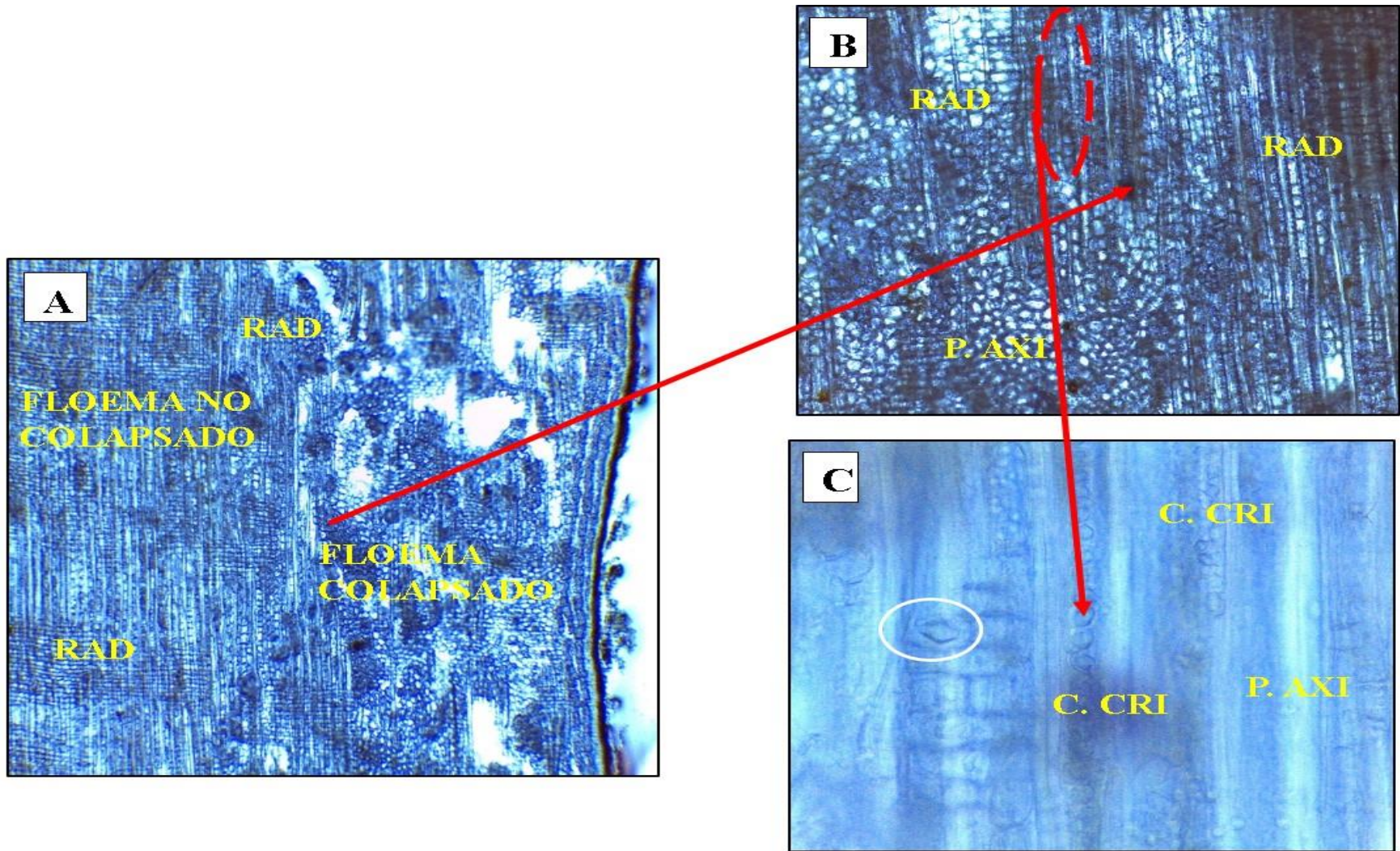


Figura 23. Microfotografía de la sección radial de *Eschweilera coriacea*. **A)** Floema colapsado, radio (RAD). **B)** Radio (RAD), parénquima axial (P.AXI). **C)** Cadena de cristal (C.CRI), parénquima axial (P. AXI), círculo blanco cristal tipo romboide.

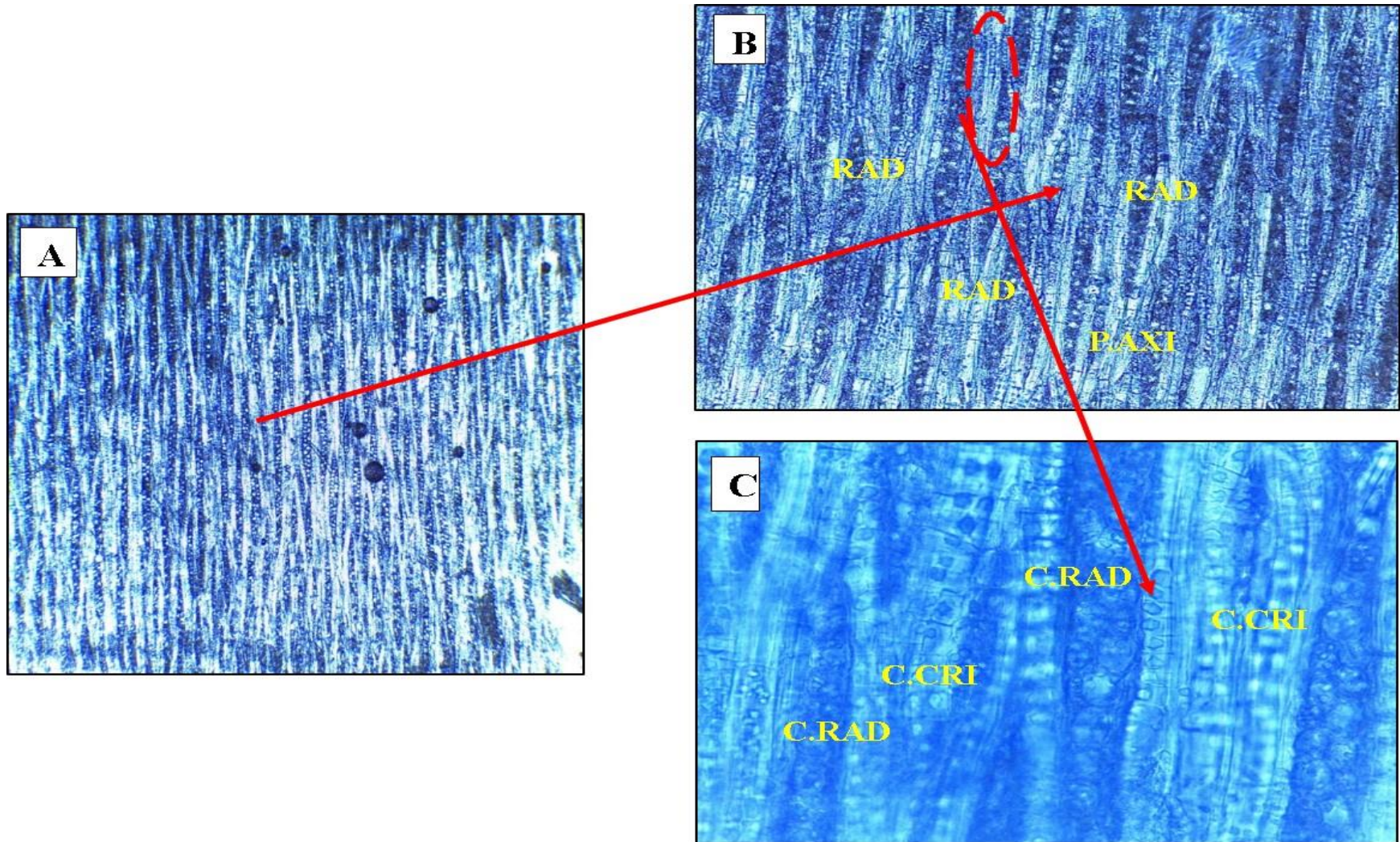


Figura 24. Microfotografía de la sección tangencial de *Eschweilera coriacea*. **A)** Estructura de la sección tangencial. **B)** Rayos múltiples radiales de 1,2 células (RAD), parénquima axial (P.AXI). **C)** Cadena de cristales (C.CRI), células de radio (C.RAD), círculo blanco cristal tipo romboide.

Las especies estudiadas: *Bertholletia excelsa*, *Cedrela odorata* y *Eschweilera coriacea*, presentaron comúnmente una característica sobresaliente a nivel microscópico, donde las tres especies presentaron cristales mayormente de tipo romboide en las células de parénquima, estas características fueron encontradas también en otras especies del Brasil descritas por Carmo *et al.* (2016), como: *Albizia niopoides*, *Copaifera langsdorffii* y *Goupia glabra*, sin embargo en *G. glabra* no se observaron hebras de cristales septados.

En un estudio realizado en Argentina con las especies: *Cedrela fissilis* y *Cabralea canjerana* sub sp. *Canjerana*, Garland *et al.* (2002), encontraron presencia de cristales en ambas especies en las células de parénquima, y además presentaron cristales del tipo drusas en ambas especies estudiadas, esto coincide con las especies estudiadas en la presente investigación, pero en el caso de *Cedrela odorata*, fue encontrado además de cristales romboides el cristal de tipo estiloide.

Otro estudio realizado en Argentina por Giménez (2009), con la especie *Geoffroea decorticans*, mostro a nivel microscópico los radios exclusivamente uniseriados en una proporción de 68% y raros radios biseriados, comparando con la especie *Eschweilera coriacea*, especie estudiada en la presente investigación, presentó exclusivamente radio biseriados, no encontrando radios exclusivamente uniseriados caracterizando radios finos.

C.- Determinación de la densidad básica de la corteza de las especies *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Cedrela odorata* L. y *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori.

La densidad básica de la corteza de las especies estudiadas fue: *Bertholletia excelsa* (656,67 kg m⁻³), *Cedrela odorata* (690 kg m⁻³) y *Eschweilera coriacea* (623,33 kg m⁻³). La alta densidad es resultado de sus características anatómicas de la corteza, presencia de cristales, paredes de fibras gruesas, etc., (Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Cardoso, *et al.* 2016b). La tabla 07, muestran los resultados de la densidad básica, contenido de humedad y contracción volumétrica de las tres especies estudiadas.

Tabla 07. *Propiedades físicas (densidad básica, contracción volumétrica y Contenido de humedad) de la corteza de las especies estudiadas.*

Especie	N° Árbol	Peso Inicial gr.	Volumen inicial cm ³	Peso final gr.	Volumen final cm ³	CH %	DB gr/cm ³	DB kg m ⁻³	CV %
<i>Bertholletia excelsa</i>	5	17.1	20	10.34	16	65.38	0.52	520	20.00
	2	11.27	10	6.68	8	68.71	0.67	670	20.00
	3	13.97	13	10.08	10	38.59	0.78	780	23.08
	Promedio					57.56	0.65	656.67	21.03
	Desv. Estándar					16.51	0.13	130.51	1.78
	C.V					29	20	20	8
<i>Cedrela odorata</i>	5	11.95	14	9.19	12	30.03	0.66	660	14.29
	4	7.05	8	5.91	6	19.29	0.74	740	25.00
	3	9.97	12	8.05	10	23.85	0.67	670	16.67
	Promedio					24.39	0.69	690.00	18.65
	Desv. Estándar					5.39	0.04	43.59	5.63
	C.V					22	6	6	30
<i>Eschweilera coriacea</i>	7	10.14	13	9.19	10	10.34	0.71	710	23.08
	5	11.69	14	9.14	10	27.90	0.65	650	28.57
	2	16.97	18	12.2	13	85.67	0.51	510	27.78
	Promedio					41.30	0.62	623.33	26.48
	Desv. Estándar					39.41	0.10	102.63	2.97
	C.V					95	17	16	11

La tabla 08, muestra una comparación con otras especies estudiadas en función a la densidad básica de la corteza; mostrando que dichas especies presentan mayor densidad básica que las especies: *Eucalyptus globulus*, *Betula pubescens*, *Betula pendula*, *Albizia niopoidis* y *Tectona grandis*; y por debajo de las especies: *Goupia glabra* y *Copaifera langsdorffii*, (Figura 25) y la especie *Cedrela odorata* presenta igual densidad básica que la corteza que la especie *Goupia glabra*, especie presente en Brasil.

Tabla 08. Comparación de la densidad básica de la corteza de especies forestales.

Especie	DB kg m ⁻³	Referencia
<i>Eucalyptus globulus</i>	454	(Quilhó y Pereira 2001)
<i>Betula pubescens</i>	517	(Bhat 1982)
<i>Betula pendula</i>	559	(Bhat 1982)
<i>Albizia niopoides</i>	606	(Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Carmo, et al. 2016)
<i>Tectona grandis</i>	618	(Baptista et al. 2013)
<i>Eschweilera coriacea</i>	623	
<i>Bertholletia excelsa</i>	657	
<i>Cedrela odorata</i>	690	(Carmo, Alvarez, Quilhó, Carvalho, Carmo, et al. 2016a)
<i>Goupia glabra</i>	690	(Carmo, Miranda, Quilhó, Sousa, Cardoso, et al. 2016b)
<i>Copaifera langsdorffii</i>	781	

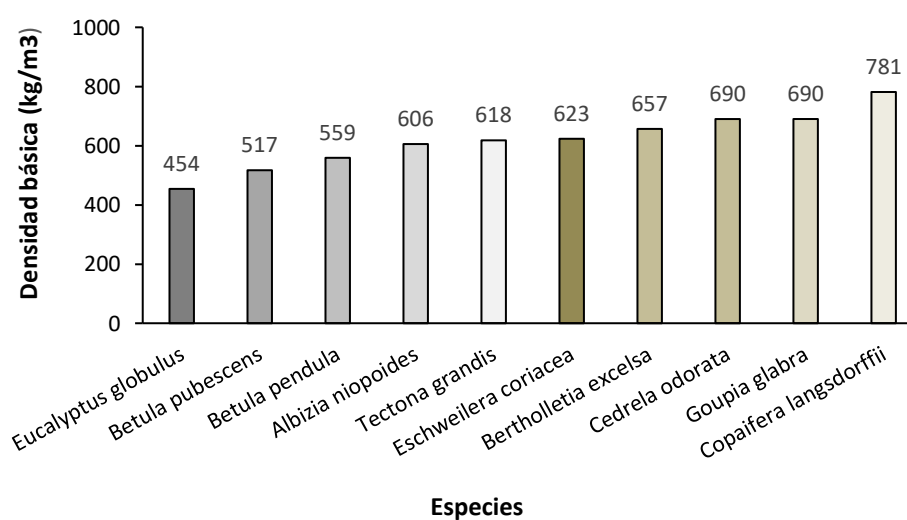


Figura 25. Representación gráfica de la densidad básica de la corteza de especies forestales.

CONCLUSIONES

- Describimos la anatomía y la densidad básica de la corteza de tres especies forestales de la región de Madre de Dios y dichas informaciones muestran potencial en futuros procesos de identificación de estas especies.
- Las descripciones macroscópicas, microscópicas y la densidad básica de las cortezas mostraron diferencias entre las tres especies logrando diferenciarlas entre sí.

SUGERENCIAS

- Realizar este tipo de estudios que las demás especies comerciales de la región de Madre de Dios, con la finalidad que ayuden en el proceso de identificación.
- Combinar el estudio de anatómico de las cortezas con estudios químicos de los mismos, con la finalidad de ver sus componentes químicos y determinar una utilización.
- Comparar la especie *Cedrela odorata*, con otras especies del género *cedrela* como *Cedrela fissilis*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAPTISTA, I., MIRANDA, I., QUILHÓ, T., GOMINHO, J. y PEREIRA, H., 2013. Characterisation and fractioning of *Tectona grandis* bark in view of its valorisation as a biorefinery raw-material. *Industrial Crops and Products*, vol. 50, pp. 166-175. ISSN 09266690. DOI 10.1016/j.indcrop.2013.07.004.
- BHAT, K., 1982. Anatomy, Basic Density and Shrinkage of Birch Bark. *IAWA Journal*, vol. 3, no. 3-4, pp. 207-213. ISSN 0928-1541, 2294-1932. DOI 10.1163/22941932-90000841.
- CARMO, J., ALVAREZ, I.A., QUILHÓ, T., CARVALHO, A., CARMO, F., LATORRACA, J. y PEREIRA, H., 2016a. Bark Characterisation of the Brazilian Hardwood *Goupia glabra* in Terms of Its Valorisation. *BioResources*, vol. 11, no. 2, pp. 4794-4807. ISSN 1930-2126. DOI 10.15376/biores.11.2.4794-4807.
- CARMO, J., ALVAREZ, I.A., QUILHÓ, T., CARVALHO, A., CARMO, F., LATORRACA, J. y PEREIRA, H., 2016b. Bark Characterisation of the Brazilian Hardwood *Goupia glabra* in Terms of Its Valorisation. En: container-title: *BioResources*, *BioResources*, vol. 11, no. 2, pp. 4794-4807. ISSN 1930-2126. DOI 10.15376/biores.11.2.4794-4807.
- CARMO, J.F., MIRANDA, I., QUILHÓ, T., SOUSA, V.B., CARDOSO, S., CARVALHO, A., CARMO, F.H., LATORRACA, J.V. y PEREIRA, H., 2016a. *Copaifera langsdorffii* Bark as a Source of Chemicals: Structural and Chemical Characterization. En: container-title: *Journal of Wood Chemistry and Technology*, *Journal of Wood Chemistry and Technology*, vol. 36, no. 5, pp. 305-317. ISSN 0277-3813, 1532-2319. DOI 10.1080/02773813.2016.1140208.
- CARMO, J.F., MIRANDA, I., QUILHÓ, T., SOUSA, V.B., CARDOSO, S., CARVALHO, A., CARMO, F.H., LATORRACA, J.V. y PEREIRA, H., 2016b. *Copaifera langsdorffii* Bark as a Source of Chemicals: Structural and Chemical Characterization. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, vol. 36, no. 5, pp. 305-317. ISSN 0277-3813, 1532-2319. DOI 10.1080/02773813.2016.1140208.
- CARMO, J.F., MIRANDA, I., QUILHÓ, T., SOUSA, V.B., CARMO, F.H., LATORRACA, J.V. y PEREIRA, H., 2016. Chemical and structural characterization of the bark of *Albizia niopoides* trees from the Amazon. *Wood Science and Technology*, vol. 50, no. 4, pp. 677-692. ISSN 0043-7719, 1432-5225. DOI 10.1007/s00226-016-0807-3.
- CLIMATE-DATA.ORG, 2019. Clima Puerto Maldonado: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Puerto Maldonado - Climate-

Data.org. *Climate-Data.org* [en línea]. [Consulta: 13 febrero 2019]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/madre-de-dios/puerto-maldonado-27856/>.

DA SILVA, G., 2016. *CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E ECOLÓGICAS DE CASCA E MADEIRA DE ANADENANTHERA*. Lavras-Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras.

DE MAGISTRIS, A.A., 2003. *Anatomía de la corteza de las Cupressaceae nativas y cultivadas de la Argentina*. Buenos Aires-Argentina: Universidad de Buenos Aires.

GARLANT, H.M., MIRANDA, D., GRANCE, L., BOHREN, A. y KELLER, H., 2002. Estructura anatómica de la corteza y diseño del ritidoma de *Cedrela fissilis* Vell. y *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae), Misiones, Argentina. , pp. 11.

GIMÉNEZ, A.M., 2009. Anatomía de madera, corteza y anillos de crecimiento de *Geoffroea decorticans* (Gill., Ex Hook.& Arn.) Burk. *Quebracho*, vol. 17, no. 1,2, pp. 16-30.

IAWA, 2016. IAWA List of Microscopic Bark Features. *IAWA Journal*, vol. 37, no. 4, pp. 517-615. ISSN 0928-1541, 2294-1932. DOI 10.1163/22941932-20160151.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION, 2019a. Castanheiro (*Bertholletia excelsa*). *ITTO* [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2019]. Disponible en: <http://www.tropicaltimber.info/specie/castanheiro-bertholletia-excelsa/>.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION, 2019b. Cedro, Cigarbox cedar (*Cedrela odorata*). *ITTO* [en línea]. [Consulta: 18 febrero 2019]. Disponible en: <http://www.tropicaltimber.info/specie/cedro-cedrela-odorata/>.

MARTÍNEZ, D., TERRAZAS, T., OCHOTERENA, H. y TORRES, A., 2015. Madera y corteza de algunas Rubiaceae en México: similitud estructural. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 86, no. 1, pp. 59-71. ISSN 18703453. DOI 10.7550/rmb.48489.

MAURÍCIO, H.S., 2014. *Caracterização anatômica da casca de Eucalyptus nitens (Deane & Maiden) e Eucalyptus rudis Endl. para identificação das espécies*. Lisboa-Portugal: Universidade de Lisboa.

MESQUITA, A.C. y OLIVEIRA, L.E., 2010. Características anatômicas da casca e produção de látex em plantas de seringueira não enxertadas. *Acta Amazonica*, vol. 40, no. 2, pp. 241-246. ISSN 0044-5967. DOI 10.1590/S0044-59672010000200001.

MOTA, G., SARTORI, C., MIRANDA, I., QUILHÓ, T., MORI, F. y PEREIRA, H., 2017. Bark anatomy, chemical composition and ethanol-water

extract composition of *Anadenanthera peregrina* and *Anadenanthera colubrina*. En: M.J. REIGOSA (ed.), *PLOS ONE*, vol. 12, no. 12, pp. e0189263. ISSN 1932-6203. DOI 10.1371/journal.pone.0189263.

NTP N°251.008, 2016. *Maderas. Selección y Colección de Muestras*. 2016. S.l.: s.n.

NTP N°251.011, 2016. *Maderas. Método de Determinación de Densidad*. 2016. S.l.: s.n.

ORDUÑO, A. y TERRAZAS, T., 2017. Anatomía de la corteza de tres especies de leguminosas I. Origen y desarrollo. *Botanical Sciences*, no. 63, pp. 51. ISSN 2007-4476, 2007-4298. DOI 10.17129/botsci.1567.

PAREDES, C., QUINTANAR, A., ACOSTA, S., DE LA PAZ, C. y TORRE, A., 2016. Histoquímica de la corteza de cinco angiospermas de una selva baja de Oaxaca. *Madera y Bosques*, vol. 7, no. 2, pp. 49. ISSN 2448-7597, 1405-0471. DOI 10.21829/myb.2001.721311.

PEÑA, J., ROIG, F., GOODWIN, Z. y TOMAZELLO, M., 2020. Characterizing growth rings in the trees of Perú: a wood anatomical overview for potential applications in dendroecological-related fields. *Dendrochronologia*, pp. 125728. ISSN 11257865. DOI 10.1016/j.dendro.2020.125728.

PORTAL, L., CARPIO, J. y DÍAZ, G., 2020. Propiedades tecnológicas de la madera de *Ormosia paraensis* Ducke proveniente de la Amazonía Suroriental del Perú. *Engenharia Industrial Madeireira Tecnologia, Pesquisa e Tendências* [en línea]. 1ra Edición. Guarujá Sao Paulo: Científica Digital, pp. 286-304. [Consulta: 26 enero 2021]. ISBN 978-65-87196-62-6. Disponible en: <http://www.editoracientifica.org/articles/code/201101950>.

QUILHÓ, T. y PEREIRA, H., 2001. WITHIN AND BETWEEN-TREE VARIATION OF BARK CONTENT AND WOOD DENSITY OF EUCALYPTUS GLOBULUS IN COMMERCIAL PLANTATIONS. *IAWA Journal*, vol. 22, no. 3, pp. 255-265. ISSN 0928-1541, 2294-1932. DOI 10.1163/22941932-90000283.

QUINTANAR, A., CASTREJÓN, J.L., LÓPEZ, C., y I. H., 2004. ANATOMÍA E HISTOQUÍMICA DE LA CORTEZA DE CINCO ESPECIES DE MORACEAE. , pp. 24.

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

RICHTER, H.G., VIVEIROS, S.C., ALVES, E.S., LUCHI, A. y COSTA, C., 1996. Padronização de critérios para descrição anatômica da casca:

lista de características e glossário de termos. *IF Série Registros*, no. 16, pp. 1-25. ISSN 0103-3360.

TROPICOS.ORG, 2019. Tropicos - Home. [en línea]. [Consulta: 14 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.tropicos.org/>.

ANEXOS

Anexo 01. Tesis: “Anatomía de la corteza de tres especies forestales del bosque de terraza alta de la región de Madre de Dios”

Problemas	Objetivos	Metodología
<p>Problema Principal</p> <p>¿Qué características anatómicas de la corteza presentaran las especies forestales <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl, <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori, para que ayuden en el proceso de identificación de sus maderas?</p> <p>¿Qué características anatomía de la corteza, de las tres especies forestales <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl, <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori; las diferencian entre ellas?</p>	<p>Objetivo General Describir la anatomía de corteza de las especies forestales <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl, <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori, en bosque de terraza alta en la región de Madre de Dios.</p> <p>Objetivos Específicos Describir macroscópicamente la anatomía de las cortezas de <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl, <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori, Describir microscópicamente la anatomía de las cortezas de <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl, <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori, Comparar la anatomía de las cortezas de las especies forestales <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl, <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori,</p>	<p>Tipo de Investigación: El tipo de investigación para este tesis de grado fue básico aplicado y el método descriptivo con datos cualitativos y cuantitativos.</p> <p>Metodología de la Investigación: La presente tesis de grado de investigación se empleó el método descriptivo, el mismo que se complementó con el estadístico, análisis, síntesis, deductivo, inductivo entre otros</p> <p>Diseño de la Investigación: El método que se empleó en la presente tesis de grado de investigación fue analítico descriptivo, que consistió en estudiar las características anatómicas de la corteza de tres especies forestales en un bosque de terraza alta en la región de Madre de Dios. Se obtuvo investigación cuantitativa y cualitativa a través de los ensayos con las muestras respectivas de corteza, donde se procesó, analizó e interpretó la información. Los ensayos y metodologías para alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto de investigación, estuvieron fundamentado en metodologías planteadas por la Internatonal Association of Wood Anatomists (IAWA 2016) y la Norma Técnica Peruana: (NTP N°251.008 2016; NTP N°251.011 2016).</p>

		<p>Población</p> <p>Se encuentra ubicado en el fundo “El Bosque”, que es un bosque primario descremado de 428 ha, la distribución administrativa de dicho fundo es de 27 bloques, que se utiliza para fines de investigación, en los cuales se ubicaran la parcela de evaluación. Los árboles seleccionados fueron <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl, <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori, dichos árboles que se encuentren en la parcela de evaluación será la población de la investigación.</p> <p>Muestra</p> <p>Las muestras de la corteza fueron colectadas de 09 árboles de <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl, <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori, 03 árboles por especie creciendo naturalmente en el fundo “El Bosque”. El número de muestra está basado en la Norma Técnica Peruana (NTP N°251.008 2016), menciona que el número de árboles mínimo de una población para estudios tecnológicos es 03 árboles y también se tiene como referencia a Da Silva (2016), que en su tesis de doctorado selecciono 03 árboles de <i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg. Y de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.</p> <p>Técnica:</p> <p>La técnica que se empleó en el presente tesis de investigación fue no destructiva, pues que se extrajo pequeñas muestras del árbol, en pie.</p>
--	--	---

Anexo 02. Certificado botánico de las especies.



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS
Centro Investigación Herbario Alwyn Gentry

“Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú”



CONSTANCIA

En mi calidad de curador botánico del Centro de Investigación del Herbario “Alwyn Gentry” de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios,

HACE CONSTAR:

Que las muestras botánicas han sido presentadas por la tesista, **Nestor Mamani Mendoza** del proyecto de tesis titulado “**Anatomía de la Corteza de tres Especies forestales del bosque de Terraza alta de la Region de Madre de Dios**”

Los ejemplares han sido entregados al centro de investigación del herbario constan de 09 especímenes del fundo el Bosque - UNAMAD. Las cuales fueron verificadas e identificadas en este Centro de enseñanza e Investigación HAG-UNAMAD. A continuación ver el listado adjunto.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Puerto Maldonado, 07 de enero de 2020

Atentamente




Ing. Sufer Baez Quispe
DIRECTOR DEL HERBARIO

Cc:
Archivo
SMBQ/CIHAG
Sec. —

Ciudad Universitaria – Puerto Maldonado – Madre de Dios
Av. Jorge Chavez N° 1160



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
Centro Investigación Herbario Alwyn Gentry

"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

Listado de especímenes vegetales

N°	Nombre científico	Nombre común	Familia	Habitat	Localidad	Colector	Fecha colección
1	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Castaña	Lecythidaceae	Bosque de terraza alta	Fundo el bosque UNAMAD	Nestor Mamani	20/07/2019
2	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Meliaceae	Bosque de terraza alta	Fundo el bosque UNAMAD	Nestor Mamani	20/07/2019
3	<i>Eschweilera conisea</i> (DC.) S. A. Mori	Misa blanca	Lecythidaceae	Bosque de terraza alta	Fundo el bosque UNAMAD	Nestor Mamani	20/07/2019



Ciudad Universitaria – Puerto Maldonado – Madre de Dios
Av. Jorge Chavez N° 1160