



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**“CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE CUATRO ESPECIES
FORESTALES COMERCIALES DEL NOROCCIDENTE DE PICHINCHA,
CANTÓN PUERTO QUITO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE INGENIERO FORESTAL**

HOLGER GREGORIO VERA MENDOZA

**RIOBAMBA –ECUADOR
2019**

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Holger Gregorio Vera Mendoza, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 26 de junio 2019



Holger Gregorio Vera Mendoza
C.C. 172573345-3

HOJA DE CERTIFICACIÓN

El tribunal de trabajo certifica, que el trabajo de investigación titulado: **“CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE CUATRO ESPECIES FORESTALES COMERCIALES DEL NOROCCIDENTE DE PICHINCHA, CANTÓN PUERTO QUITO”**, de responsabilidad del señor Holger Gregorio Vera Mendoza, ha realizado las correcciones correspondientes señaladas por el tribunal y se encuentra apto para su presentación y sustentación.

TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN

1. .....

Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda

DIRECTOR

..... 26-06-2019

Fecha

2. .....

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba

MIEMBRO

..... 26-06-2019

Fecha

AUTORÍA

La autoría del presente trabajo es de propiedad intelectual del autor y de la Escuela de Ingeniería Forestal de la ESPOCH

DEDICATORIA

A mis bellos padres, José Luis Vera Bravo y Valentina del Carmen Mendoza Mendoza, por haberme dado la vida y su apoyo incondicional en todo momento, por darme su amor y enseñarme sus valores que me formaron como una gran persona; a mis hermanos Veronica, Vitalina, Lesther y Antonio, por contar siempre con su cariño y apoyo; a mis queridos suegros Felicia Cabrera y Ernesto Coveña, quienes me brindaron su apoyo; de manera muy especial a mi esposa Karina Coveña, por darme su amor y estar cada momento a mi lado dándome su apoyo incondicional, y sin dejar el cariño de mis amigos Daniel, Leonardo, Darío, Liseth y Gisella.

Holger Gregorio Vera Mendoza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecir mi vida, por guiarme y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad.

De manera muy especial agradezco a la Escuela de Ingeniería Forestal, de manera muy especial al Ing. Eduardo Salazar, Ing. Carlos Carpio y la Ingeniera Ana Cunachi por ser excelentes personas quienes me han brindado una cálida amistad, por su tiempo y ayuda para lograr culminar este trabajo.

A todos mis amigos y familiares que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

ÍNDICE GENERAL

I. “CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE CUATRO ESPECIES FORESTALES COMERCIALES DEL NOROCCIDENTE DE PICHINCHA, CANTÓN PUERTO QUITO”	1
II. INTRODUCCION.....	1
A. JUSTIFICACIÓN.....	2
B. OBJETIVOS.....	2
1. GENERAL	2
2. ESPECIFICOS	2
C. HIPÓTESIS	2
1. Hipótesis Nula H0	2
2. Hipótesis alternante H1	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
Bosque	3
Herbario	3
a. Importancia.....	3
Madera	3
Importancia del estudio anatómico de la madera.....	4
Cortes anatómicos de la madera	4
a. Plano transversal.....	4
b. Plano radial.....	4
c. Plano tangencial.....	5
Características anatómicas de la madera	5
Parénquima	5
Poros	5
Radios	5
Tinciones.....	6
Propiedades organolépticas de la madera	6

a. Olor.....	6
b. Sabor.....	6
c. Color.....	7
d. Lustre.....	7
e. Textura.....	7
f. Grano.....	7
g. Veteado.....	7
Análisis De Varianza.....	8
Densidad.....	8
pH de la madera.....	9
IV. MATERIALES Y METODOS.....	10
A. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR.....	10
1. Localización del sitio.....	10
2. Ubicación geográfica.....	10
3. Condiciones climáticas.....	11
4. Clasificación ecológica.....	11
B. MATERIALES.....	11
1. Materiales de campo.....	11
2. Materiales de laboratorio.....	11
3. Materiales de oficina.....	11
C. METODOLOGÍA.....	12
A. Para cumplir el primer objetivo: Identificar dendrológicamente las cuatro especies forestales comerciales en estudio.....	12
B. Para cumplir el segundo objetivo: Determinar las características microscópicas y macroscópicas de las 4 especies forestales comerciales.....	13
1. Características microscópicas.....	13
2. Análisis estadístico de las características microscópicas de las cuatro especies en estudio.....	14

3. Características macroscópicas	15
4. Densidad	16
5. Determinación del pH.....	16
V. RESULTADOS	17
A. Para cumplir el primer objetivo: Identificar dendrologicamente las cuatro especies forestales comerciales en estudio.....	17
B. Para cumplir el segundo objetivo: Determinar las características microscópicas y macroscópicas de las 4 especies forestales comerciales.	19
1. Características anatómicas.....	19
2. Análisis estadístico	33
3. Características macroscópicas	36
4. Densidad.....	43
5. pH.....	44
VI. DISCUSIÓN.....	45
VII. CONCLUSIONES.....	47
VIII. RECOMENDACIONES	49
IX. RESUMEN	50
X. SUMMARY	51
XI. BIBLIOGRAFÍA	52
XII. ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la madera según la densidad básica.	8
Tabla 2. Cantidad de sustrato y agua destilada que se utilizó para medir el pH de las cuatro especies.	16
Tabla 3. Identificación dendrológica de las cuatro especies forestales comerciales en estudio.	17
Tabla 4. Ciclos de ablandamiento por cada una de las especies en estudio.	19
Tabla 5. Resumen de las características microscópicas de las cuatro especies en estudio.	32
Tabla 6. Características estudiadas de las especies según el tipo y cantidad de poros por cm ²	33
Tabla 7. Perímetro de poros solitarios de las cuatro especies (Tukey, $p \leq 0,05\%$).	34
Tabla 8. Perímetro de poros múltiples de las cuatro especies (Tukey, $p \leq 0,05\%$).	34
Tabla 9. Cantidad de poros solitarios de las cuatro especies (Tukey, $p \leq 0,05\%$).	35
Tabla 10. Cantidad de poros múltiples de las cuatro especies (Tukey, $p \leq 0,05\%$).	35
Tabla 11. Resumen de las características macroscópicas de las cuatro especies en estudio.	42
Tabla 12. Densidad de las cuatro especies en estado seco.	43
Tabla 13. Densidad de las cuatro especies en estado verde.	43
Tabla 14. pH de las cuatro especies en estudio.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Georreferenciación del sitio de investigación.	10
Figura 2. Corte transversal de <i>Virola sebifera</i> (Coco).	21
Figura 3. Corte tangencial de <i>Virola sebifera</i> (Coco).....	22
Figura 4. Corte radial de <i>Virola sebifera</i> (Coco).....	23
Figura 5. Corte transversal de <i>Ceiba pentandra</i> (Ceibo).....	24
Figura 6. Corte tangencial de <i>Ceiba pentandra</i> (Ceibo).....	25
Figura 7. Corte radial de <i>Ceiba pentandra</i> (Ceibo).	26
Figura 8. Corte transversal de <i>Inga coruscans</i> (Guaba)..	27
Figura 9. Corte tangencial de <i>Inga coruscans</i> (Guaba).	27
Figura 10. Corte radial de <i>Inga coruscans</i> (Guaba).	28
Figura 11. Corte transversal de <i>Hyeronima alchorneoides</i> (Motilón).....	29
Figura 12. Corte tangencial de <i>Hyeronima alchorneoides</i> (Motilón).....	30
Figura 13. Corte radial de <i>Hyeronima alchorneoides</i> (Motilón).....	31
Figura 14. Análisis de correspondencia para la mejor especie observada.	36
Figura 15. <i>Virola sebifera</i> Aubl (Coco), corteza.	37
Figura 16. <i>Virola sebifera</i> Aubl (Coco), corte transversal.	37
Figura 17. <i>Virola sebifera</i> Aubl (Coco), corte tangencial.	37
Figura 18. <i>Virola sebifera</i> Aubl (Coco), corte radial.....	38
Figura 19. <i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn (Ceibo), corteza.	38
Figura 20. <i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn (Ceibo), corte transversal.	38
Figura 21. <i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn (Ceibo), corte tangencial.	39
Figura 22. <i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn (Ceibo), corte radial.....	39
Figura 23. <i>Inga coruscans</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba), corteza.....	39
Figura 24. <i>Inga coruscans</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba), corte transversal.	40
Figura 25. <i>Inga coruscans</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba), corte tangencial.	40
Figura 26. <i>Inga coruscans</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba), corte radial.	40
Figura 27. <i>Hyeronima alchorneoides</i> Fr. Allen. (Motilón), corteza.....	41
Figura 28. <i>Hyeronima alchorneoides</i> Fr. Allen. (Motilón), corte transversal.	41
Figura 29. <i>Hyeronima alchorneoides</i> Fr. Allen. (Motilón), corte tangencial.....	41
Figura 30. <i>Hyeronima alchorneoides</i> Fr. Allen. (Motilón), corte radial.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad para el perímetro de poros solitarios mediante Shapiro-Wilks.	57
Anexo 2. Anova para el perímetro de poros solitarios.....	57
Anexo 3. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)	57
Anexo 4. Prueba de normalidad para el perímetro de poros múltiples mediante Shapiro-Wilks.	57
Anexo 5. Anova para el perímetro de poros múltiples	57
Anexo 6. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)	58
Anexo 7. Prueba de normalidad para la cantidad de poros solitarios mediante Shapiro-Wilks.	58
Anexo 8. Anova para cantidad de poros solitarios.....	58
Anexo 9. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)	58
Anexo 10. Prueba de normalidad para la cantidad de poros múltiples mediante Shapiro-Wilks.	58
Anexo 11. Anova para cantidad de poros múltiples	59
Anexo 12. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)	59
Anexo 13. Análisis de correspondencia para la mejor especie observada.	59
Anexo 14. Árbol en pie de <i>Ceiba pentandra</i> (Ceibo).	59
Anexo 15. Árbol en pie de <i>Inga coruscans</i> (Guaba).....	60
Anexo 16. Árbol en pie de <i>Hyeronima alchorneoides</i> (Motilón).	60
Anexo 17. Árbol en pie de <i>Virola sebifera</i> (Coco).	60
Anexo 18. Coordenadas de los árboles en estudio.	61
Anexo 19. Recolección y preparación de las muestras dendrológicas para la herborización.	61
Anexo 20. Cortes de la madera en el aserradero.	61
Anexo 21. Identificación de las muestras herborizadas en el herbario de la ESPOCH.	62
Anexo 22. Ablandamiento de las maderas en la autoclave.	62
Anexo 23. Corte de las láminas de madera en el micrótopo.	62
Anexo 24. Preparación del tinte y tinturación de las láminas de madera.	63
Anexo 25. Tabla de Munsell.	63
Anexo 26. Muestras de 30 cm para la xiloteca de a. <i>Virola sebifera</i> (Coco) b. <i>Inga coruscans</i> (Guaba) c. <i>Ceiba pentandra</i> (Ceibo) d. <i>Hyeronima alchorneoides</i> (Motilón).....	63
Anexo 27. Muestras de 15*9*2 cm para la xiloteca a. <i>Inga coruscans</i> (Guaba) b. <i>Ceiba pentandra</i> (Ceibo) c. <i>Virola sebifera</i> (Coco) d. <i>Hyeronima alchorneoides</i> (Motilón).....	64
Anexo 28. Corte transversal de <i>Ceiba pentandra</i> (Ceibo) observada con lente de 4X.....	64

Anexo 29. Corte transversal de <i>Inga coruscans</i> (Guaba). observada con lente de 4X.	64
Anexo 30. Corte transversal de <i>Hyeronima alchorneoides</i> (Motilón). observada con lente de 4X.	65
Anexo 31. Corte transversal de <i>Virola sebifera</i> (Coco). observada con lente de 4X.....	65
Anexo 32. Permiso de investigación otorgado por el Ministerio del Ambiente de Pichincha....	66
Anexo 33. Certificado otorgado por el Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.....	68

I. “CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE CUATRO ESPECIES FORESTALES COMERCIALES DEL NOROCCIDENTE DE PICHINCHA, CANTÓN PUERTO QUITO”

II. INTRODUCCION

Los hábitats del Ecuador se identifican por su gran biodiversidad, llegando a un total de 18198 especies de plantas vasculares, donde el 72% son nativas y el 27,3% son endémicas (Jørgensen & León-Yáñez, 1999).

La biodiversidad en Ecuador compone un patrimonio natural para la humanidad, si bien la extensión territorial de nuestro país es relativamente pequeña, Ecuador es un país privilegiado por contar con diferentes factores biológicos determinados por su ubicación geográfica que genera recursos aprovechables para sustentar la exuberante variedad de especies forestales (Boada, 2003).

Por esta razón y ante el deterioro de sus ecosistemas por actividades extractivas y cambios en el uso del suelo, la identificación y caracterización anatómica de las maderas del bosque ayudan a contribuir en esta área de las ciencias forestales (Grande & Polanco, 2007).

La anatomía de madera es la rama de la biología que estudia el xilema, leño o madera con el propósito de conocerla internamente y darle un buen uso, identificar sus cambios de acuerdo a las condiciones climáticas y de sitio, prever el comportamiento del leño en procesos industriales y evaluar la aptitud tecnológica de la madera (Giménez et al., 2005).

A. JUSTIFICACIÓN

Ecuador es un país con mucha biodiversidad y debido a la gran variedad de especies forestales presentes, muchos estudios están vacíos uno de ellos es el análisis anatómico de la madera, existiendo poca información detallada, la presente investigación pretende analizar y comparar si existen similitudes anatómicas entre las especies, la cual será de mucha utilidad para un mejor aprovechamiento de la madera.

B. OBJETIVOS

1. GENERAL

Caracterizar anatómicamente cuatro especies forestales comerciales del noroccidente de Pichincha, Cantón Puerto Quito

2. ESPECIFICOS

- ✓ Identificar dendrológicamente las cuatro especies forestales comerciales en estudio
- ✓ Determinar las características microscópicas y macroscópicas de las 4 especies forestales comerciales

C. HIPÓTESIS

1. Hipótesis Nula H0

Las características microscópicas y macroscópicas de las 4 especies forestales comerciales no son similares.

2. Hipótesis alternante H1

Las características microscópicas y macroscópicas de las 4 especies forestales comerciales al menos una sea similar.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

Bosque

El bosque es un área con árboles de más de 5 metros de altura y con una cobertura del dosel superior al 10%, en áreas de más de 0,5 hectáreas (FAO, 2001).

Herbario

El herbario es una colección de ejemplares vegetales secos ordenados de acuerdo a un reconocido sistema taxonómico destinado a estudios científicos y comparativos de identificación sistemática (Ángel, 1985).

a. Importancia

Una colección que cumpla con los requisitos, es fundamental para asegurar la identificación de las especies vegetales y el empleo ventajoso de los sistemas de clasificación; a la par constituye un muestrario representativo de las características morfológicas, la distribución geográfica y la historia filogenética de los vegetales de un determinado país, región, o de todo el mundo (Ángel, 1985).

Madera

La madera es la parte sólida de los árboles por debajo de la corteza. Es el conjunto de elementos lignificados, en sentido estricto al período de su formación, tejido secundario producido por el cambium hacia el interior del mismo (Giménez et al., 2005).

La madera no es un material heterogéneo, es decir no tiene una estructura uniforme y cumple con tres funciones: la conducción de la savia, agua y sustancias disueltas, la transformación y almacenamiento de sustancias de reserva y el sostenimiento o resistencia mecánica del vegetal (Sibille, 2015).

Importancia del estudio anatómico de la madera

Las especies leñosas presentan grandes diferenciaciones en sus propiedades: se pueden observar diferencias en cuanto a la resistencia a la pudrición o en la capacidad para alcanzar la ignición. También existe diversidad en cuanto a la estructura anatómica de las diferentes maderas y esta juega un papel importante en las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Mediante su estudio se pueden hacer inferencias acerca del comportamiento de la madera, procesamiento y utilización (Jane, 1970).

Cortes anatómicos de la madera

Para la observación de las características anatómicas de la madera es necesario conocer los diferentes planos o superficies en donde se observan las mismas. Estos son los llamados planos de observación o planos de corte de la madera. En general, existen tres planos de observación: uno transversal y dos en sentido longitudinal. Estos últimos son el plano de corte radial y el plano de corte tangencial. También son conocidos con el nombre de sección transversal, sección radial y sección tangencial (León & Espinoza, 1995).

a. Plano transversal

Se obtiene al hacer un corte perpendicular al eje longitudinal del tallo o muestra de madera. Es el plano observado en los extremos de las trozas o en un tocón. En este plano se observan los anillos de crecimiento y sus características: ancho del anillo, porcentaje de madera temprana y madera tardía y tipo de transición entre las mismas. Si los radios son lo suficientemente grandes se observan como líneas que cruzan los anillos de crecimiento en ángulo recto (Hoadley, 1990).

b. Plano radial

Se obtiene al hacer un corte paralelo al eje longitudinal del tallo o muestra (corte longitudinal) en donde el mismo es paralelo a los radios o perpendicular a los anillos de crecimiento. A nivel macroscópico, en el plano de corte radial, se observa el tamaño de los radios, tipo de grano y el lustre o brillo de la madera. (León & Espinoza, 1995)

c. Plano tangencial

Se obtiene al hacer un corte paralelo al eje longitudinal del tallo o muestra (corte longitudinal) en donde el mismo es perpendicular a los radios o tangente a los anillos de crecimiento. En este plano, a nivel macroscópico, se observa la presencia de rizos, conductos transversales, magnitud de las líneas vasculares, tipo de grano y lustre o brillo de la madera (León & Espinoza, 1995)

Características anatómicas de la madera

Parénquima

El parénquima leñoso es un tejido compuesto por células isodiamétricas, cortas y en forma de ladrillos provistas, en la mayoría de los casos, con punteaduras simples. Estas células están involucradas, principalmente, en el almacenamiento y, en menor grado, la conducción de carbohidratos (Pashin & Zeeuw, 1980).

Poros

Un poro es como una serie de elementos que varios asemejan a un tubo que se extiende desde las raíces hasta las ramas más pequeñas de los árboles a la vez poseen perforaciones y puntuaciones de tipo escaliformes, multiperforada, simple y reticulada (Barañaño et al., 2008).

Radios

Conjunto de células las cuales se arreglan de forma tal que adquieren la apariencia de líneas que se extienden desde la médula hacia la región cambial y que tienen como función el almacenamiento y conducción de sustancias alimenticias. Usando bajos aumentos, los radios pueden observarse como pequeñas líneas de ancho variable perpendiculares a los anillos de crecimiento (Thomas, 1981).

Tinciones

La mayoría de los tejidos, son incoloros y por ello necesitamos teñirlos para observar sus características morfológicas con el microscopio óptico; ello se consigue con el uso los colorantes, sustancias coloreadas que son capaces de unirse de manera más o menos específica a estructuras del tejido aportándoles color. Se utilizan normalmente para teñir a las células y componentes tisulares que van a ser observados con el microscopio óptico y por ello se realizan habitualmente sobre secciones de tejido, siendo las más utilizadas las secciones obtenidas a partir de inclusiones en parafina u obtenidas en el criostato (Megías et al., 2018).

Propiedades organolépticas de la madera

a. Olor

Algunas maderas poseen un olor distintivo el cual es producido por las sustancias de infiltración presentes en el duramen. Por esta razón, la presencia de un olor distintivo es una característica que debe buscarse en la porción de madera correspondiente al duramen. Algunas veces se pueden producir olores en la madera como consecuencia de la acción de hongos, mohos o bacterias y, en estos casos, dichos olores son más acentuados en la albura debido a los altos contenidos de sustancias de reserva, principalmente almidón, presentes en la misma. Este último tipo de olor no debe ser tomando en consideración para la descripción y/o identificación de especies (Hoadley, 1990).

b. Sabor

El sabor de la madera es debido a la presencia de sustancias de infiltración; por tanto, es más pronunciado en material fresco y más distintivo en el duramen que en la albura. El sabor no se debe tomar como una característica muy importante en la identificación debido a la variación que se produce en el mismo ante las condiciones de exposición (Hoadley, 1990).

c. Color

El color es probablemente el primer aspecto que se percibe al observar una pieza de madera. Al hacer la evaluación de esta característica es importante considerar si se trata de albura o duramen. Un color oscuro generalmente indica que se trata de duramen; pero los colores claros pueden corresponder a albura o a duramen (Hoadley, 1990).

d. Lustre

El lustre es la propiedad de la madera de reflejar la luz. En otras palabras, es la propiedad que posee la madera de exhibir cierto resplandor. Depende, parcialmente, del ángulo de incidencia de luz y del tipo de células expuesto en dicha superficie. Sin embargo, una de las causas más importantes de la presencia o ausencia de brillo es la naturaleza de las infiltraciones presentes en el duramen. La presencia de sustancias aceitosas o cerosas en el duramen, generalmente, reduce el lustre (Pashin & Zeeuw, 1980).

e. Textura

Se refiere al tamaño y cantidad proporcional de células leñosas presentes en una pieza de madera. Esta característica es determinada en la sección transversal de la madera. Aquellas maderas que poseen poros pequeños, radios finos y escaso parénquima son consideradas como de textura fina (León & Espinoza, 1995).

f. Grano

Es la orientación de los elementos longitudinales de la madera con respecto al eje longitudinal de la misma. Se determina en la sección longitudinal, radial o tangencial, y para ello se puede tomar como referencia la orientación de las líneas vasculares, en caso que sean evidentes, o la mayor o menor dificultad que ofrezca la madera para ser cortada con una cuchilla en dirección longitudinal (León & Espinoza, 1995).

g. Veteado

La gran mayoría de los tipos de veteado presentar relación entre sí, teniendo en común su desarrollo en la sección tangencial, la presencia de anillos de crecimiento, textura mediana y grano recto (Espinoza, 1991).

Análisis De Varianza

El análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. Este contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés (Spiegel et al., 2007).

Densidad

La densidad está descrita como la característica física más importante de la madera, y dentro de los criterios más usados para determinar la calidad de la madera. Existe diferenciación de la densidad de la madera a diferentes niveles de altura y en diámetro; además del tamaño de las fibras, espesor de la pared celular, tipo y diámetro de las células, la edad de los árboles y la interacción con el medio ambiente (Campos, 2006).

Cuando la madera alcanza su estado seco, su densidad indica la cantidad aproximada de espacios libres en las cavidades celulares disponibles para almacenar líquidos, es decir, cuando mayor es la amplitud de estas cavidades menor será su densidad y mayor la absorción que pueda lograr la madera, el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica (DB), debido a su importancia en el uso, ver Cuadro 1 (Aróstegui, 1984); (Vizcarra, 1998).

Tabla 1. Clasificación de la madera según la densidad básica.

Rango (g/cm³)	Clasificación
Menos de 0,3	Muy baja (MB)
De 0,31 a 0,40	Baja (B)
De 0,41 a 0,60	Media(M)
De 0,61 a 0,80	Alta (M)
Más de 0,81	Muy alta (MA)

Fuente: Vizcarra (1998) citado por Rivera (2014).

pH de la madera

El pH de la madera es una propiedad que tiene mucha influencia en varios campos del aprovechamiento de la madera: el pH influye en la corrosión de metales en contacto con ella, en la fijación de determinados preservantes químicos, en la coloración de algunas maderas expuestas a la radiación solar, en la fijación de lacas y barnices sobre su superficie y en el fraguado de colas y adhesivos, ya sea en madera sólida o en forma de chapas o partículas para la producción de tableros (Fengel & Wegener, 1984).

Las variaciones de pH, que se presentan en las diferentes partes del árbol, están en función a factores como calidad de sitio (pH del suelo), y otros factores como temporada de corte o volteo del árbol, altura de la muestra, densidad, contenido de humedad de la madera y cantidad de extractivos presentes en la madera (Kollmann, 1959).

IV. MATERIALES Y METODOS

A. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

1. Localización del sitio

El lugar de donde se colectaron las muestras de madera de cada especie, se encuentra ubicada en la finca del señor José Vera, Recinto Unión Cariamanga, Cantón Puerto Quito, Provincia de Pichincha.

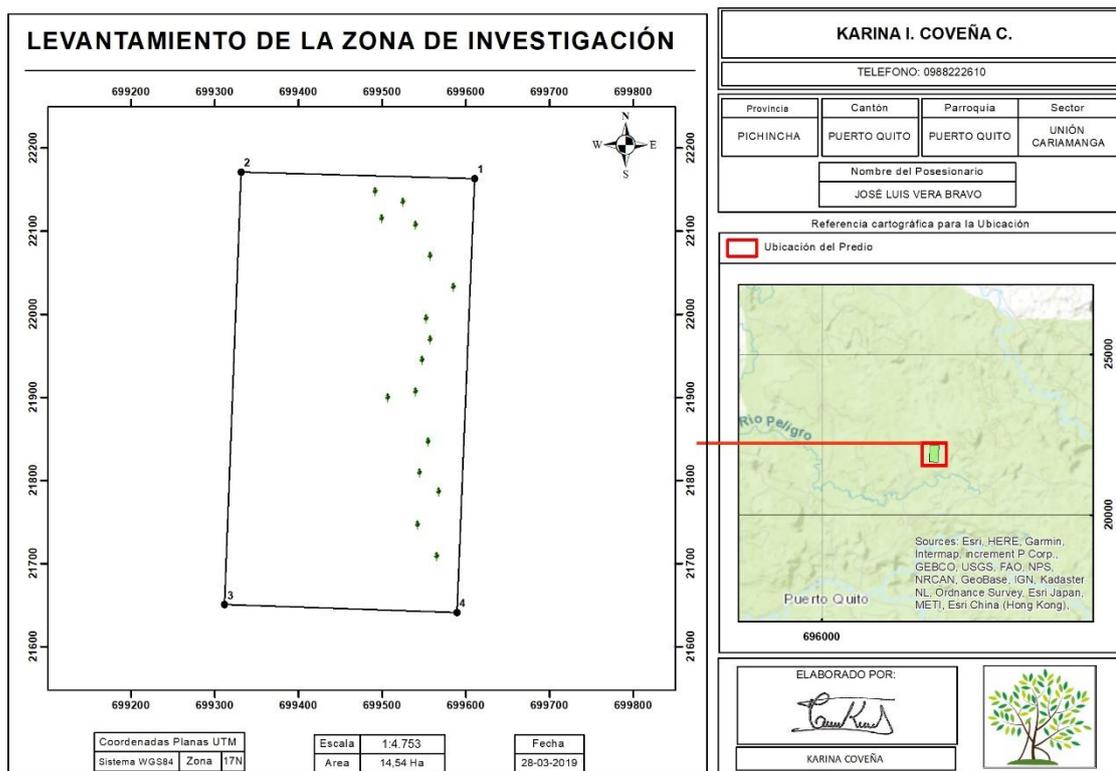


Figura 1. Georreferenciación del sitio de investigación.

2. Ubicación geográfica

Región: Sierra noroccidente de Pichincha.

Coordenadas Geográficas: $0^{\circ}11'51''N$ y $79^{\circ}12'25''W$.

Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 17 N, Datum WGS 84 699553,8 E y 21840,5 N.

Altitud: 280 msnm.

3. Condiciones climáticas

Temperatura: Temperatura mínima de 21.5 °C y una máxima de 28,6 °C (INAMHI, 2017)

Precipitación: la precipitación promedio es de 2770,6 mm (INAMHI, 2017)

Humedad relativa: 86 % datos según: (INAMHI, 2017)

4. Clasificación ecológica

Según el MAE (2013), Corresponde al Bosque Siempreverde de Tierras Bajas del Chocó Ecuatorial

B. MATERIALES

1. Materiales de campo

Lápiz, libreta de campo, cinta métrica, GPS (Garmin, USA), cámara fotográfica (Samsung J7), motosierra (Stihl Ms-382), machete, tijera. Para el herbario se requirió prensa de madera, papel periódico, cuerdas y papel secante.

2. Materiales de laboratorio

Cubos de madera de cada especie de 2 (cm³), guantes, mandil, pinzas de manipulación, placas porta y cubre objetos, alcohol industrial al 96 %, frascos de vidrio, agua destilada, papel absorbente, papel aluminio, cajas Petri, marcador de vidrio, autoclave (Hyarayama HL-3030e), microscopio (Motic), micrótopo rotatorio (tipo Spencer), tabla de Munsell, probeta (50 ml), tinciones (Astrablue y Safranina), balanza digital (Mettler PM-300), pH meter (APERA PH-700) y aserrín de cada especie.

3. Materiales de oficina

Computadora (hp modelo beatsaudio), impresora (Ricoh Mpc-300), hojas de papel bond. Programas informáticos: ArcGIS 10.3, Motic Plus 2.0. InfoStat.

C. METODOLOGÍA

A. Para cumplir el primer objetivo: Identificar dendrológicamente las cuatro especies forestales comerciales en estudio.

Recolección de las especies

Se realizó una georreferenciación del predio, para ello se utilizó un GPS (Garmin) para tomar las coordenadas de cada una de las especies con sus cuatros repeticiones respectivamente.

Luego se recolectó muestras herborizadas completas con hojas, flores, frutos y corteza de cada especie forestal comercial, colocando una etiqueta con su nombre común (Motilón, Ceiba, Coco y Guaba) que se lo conoce en el sector.

Una vez obtenidas las muestras herborizadas de cada especie se debe colocar en papel periódico doblada a la mitad y encima colocamos papel absorbente y una capa más de cartón, tanto en la parte inferior como la superior y luego colocamos en la prensa y aseguramos con una cuerda, esto se debe repetir con cada especie a identificar para conseguir un mejor secado de las muestras, además se debe cambiar el periódico diariamente para evitar daños ocasionadas por hongos.

Una vez conseguido el secado de las muestras herborizadas se llevaron al herbario de la ESPOCH (CHEP) y al herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCA) para su respectiva identificación.

Montaje de las muestras

Una vez identificadas las especies en cada uno de los herbarios, las muestras pasaron por un proceso de montaje para que reposen en el herbario de la ESPOCH.

Para ejecutar este proceso las muestras tuvieron que estar completamente secas, mismas a las que se aplicó una solución de goma disuelta en agua en relación 1:1 para posteriormente ser fijadas en el centro de un formato A3 debidamente numerado, se procedió a retirar con un paño húmedo el exceso de goma, se colocó una etiqueta con información necesaria de la especie, se ubicó el formato A3 con la muestra en una superficie plana, se colocó papel secante sobre la muestra y se puso un peso para hacer presión, logrando que la muestra se fije correctamente, se agregó un código para

interrelacionarlo con la muestra de madera de la colección de la Carrera de Ingeniería Forestal, finalmente, se secó por completo y se archivó para que puedan ser estudiadas en posteriores investigaciones.

B. Para cumplir el segundo objetivo: Determinar las características microscópicas y macroscópicas de las 4 especies forestales comerciales.

1. Características microscópicas

- a) Para el estudio de las características microscópicas se obtuvo muestras de 30 cm de largo de las 4 especies (Motilón, Ceiba, Coco y Guaba, con cuatro repeticiones cada una), posteriormente se cortaron cubos de madera de 2 cm³ de acuerdo a las normas COPANT 458 (1972).
- b) Los estudios fueron realizados en el laboratorio de ciencia biológicas de la facultad de Recursos Naturales. Para lo cual se colocaron cubos de madera en los frascos de vidrio y se añadió agua destilada en volumen conocido hasta cubrir los cubos, luego se los colocó en la autoclave, con una temperatura de 121°C y a una presión de 1.1 atm por ciclo, cabe mencionar que hay especies que necesitan un solo ciclo (maderas blandas) y otras que requieren más de uno (maderas duras).
- c) Después se realizó cortes (tangencial, radial y longitudinal) en el micrótopo con un tamaño de 0,3 μm de acuerdo a las normas IAWA. Cada lamina obtenida fueron colocadas en los mismos frascos con el agua que salieron ablandadas para mantener la humedad, cabe señalar que mientras más muestras se obtiene es mejor para el estudio de las estructuras.
- d) Se preparó la solución en una proporción de 1:1 entre soluciones de Safranina/Astrablue. No hay necesidad de teñir usando un tinte después del otro, en su lugar se pueden mezclar y teñir las diferentes estructuras de la madera simultáneamente.
- e) De acuerdo a Gärtner y Schweingruber (2013), la combinación Safranina /Astrablue crea los mejores contrastes entre diferentes tipos de paredes celulares. En donde la

Safranina tiñe las estructuras de células lignificadas de color rojo, y el Astrablue tiñe las estructuras de celulosa o no lignificadas de color azul.

- f) Posteriormente se colocó la tinción en las cajas Petri, luego colocamos las láminas de madera hasta que esté cubierta totalmente con la tinción (se debe realizar el mismo procedimiento con cada especie). Se dejó reposar las muestras durante 5 min en la tinción combinada, luego se realizó un prelavado con agua destilada para quitar el exceso de tinte, seguidamente las muestras fueron sumergidas en alcohol industrial al 96 % durante 15 min para bajar la concentración del tinte, luego se retiró las muestras y se colocó en la placa porta y cubre objetos con su respectivo etiquetado y fijación de la placa. Este procedimiento se utilizó para tres especies ya que para la especie de Motilón se tuvo que reducir el tiempo de 5 min en solución a 1 min debido a que absorbía demasiado tinte en los tres cortes y no se lograba observar bien, pero se estableció en 1 min de solución y 10 min en alcohol industrial al 96 %.
- g) Por último, cada uno de los diferentes cortes por cada especie fueron observados bajo el microscopio con lentes ópticos de 4X y 10X para determinar qué tipo de estructuras anatómicas presentan, tales como: poros, parénquima, radio, punteaduras, vasos etc. Luego cada una de las estructuras fueron fotografiadas y observadas con la cámara Moticom 2.0 que es parte del Software incorporado en el microscopio Moticom.

2. Análisis estadístico de las características microscópicas de las cuatro especies en estudio

- a. Para el análisis estadístico es muy importante tener 4 repeticiones por cada especie forestal comercial identificada. Con el fin de generar tablas comparativas entre las especies y poder realizar un análisis de varianza.
- b. Se tomaron en cuenta las imágenes del microscopio Moticom 2.0 en el corte transversal tomando la cantidad de poros que se lograron observar en el corte y realizando un conteo de los mismos para luego medir el perímetro de cada poro. Cabe mencionar que para estos datos se tomaron en cuenta 5 imágenes por cada repetición para lograr tener datos más relevantes.

- c. Se realizó una tabla de datos con los perímetros de los poros solitarios con las cuatro repeticiones y las 4 especies en estudio. También se realizó una tabla de datos con los perímetros de los poros múltiples con las cuatro repeticiones de cada especie.
- d. Posteriormente se realizó una tabla de datos con la cantidad de poros solitarios y múltiples de las cuatro repeticiones con las cuatro especies en estudio.
- e. Para determinar la calidad de imagen se realizó un promedio de las fotos tomando en cuenta tres categorías: regular, buena y muy buena, para ello se utilizó el programa infostat, pero esta vez para realizar un análisis de correspondencia, el cual consiste en agrupar datos y arroja un gráfico en el cual se logró determinar que especie se pudo observar mejor con la tinción combinada de Safranina/Astrablue.
- f. Se utilizó el programa InfoStat, en el cual se aplicó un diseño de bloques al azar para realizar un análisis de varianza, y se comprobó que los datos tuvieron diferencias significativas, por lo que se realizó una prueba de Normalidad según Shapiro-Wilks, se determinó que los datos siguieron una distribución normal ($p \geq 0,05\%$), por lo cual se aplicó una prueba de Tukey según el perímetro y la cantidad de poros de las cuatro especies. Y para la calidad de imagen se realizó un análisis de correspondencia.

3. Características macroscópicas

- b) Para esta parte es importante tener probetas de madera con las siguientes dimensiones de 15*9*2 cm para realizar el análisis de las características con los sentidos (tacto, vista, gusto, olfato), de acuerdo a las normas COPANT (Comisión Panamericana para Normas Técnicas) (COPANT, 1972).
- c) Según menciona León Williams & Espinoza Narcisana (2001). Las características macroscópicas a observar en las muestras se deben utilizar los sentidos, es decir son apreciables a simple vista, estas características son: color, olor, brillo y vetado.
- d) Para determinar el color se utilizó la tabla de Munsell.
- e) Para las características macroscópicas se elaborará una tabla comparativa para detallar las características de las especies en estudio, consecutivamente se efectuarán las

observaciones correspondientes tomando en cuenta el color, textura, lustre, grano, veteado, olor y sabor.

4. Densidad

Se separó un cubo de madera de 2 cm³ y se tomó su peso en seco a temperatura ambiente mediante una balanza digital, luego el mismo cubo fue medido con el pie de rey en los siguientes lados (L*A*E) (Vallejo & Zambrano, 2002).

$$\rho = m/v$$

Donde:

ρ = Densidad

m= masa

v= volumen (medición de los lados (A*L*E)) (Vallejo & Zambrano, 2002).

5. Determinación del pH

Para determinar el pH de cada especie en estudio se utilizó un fresco de vidrio esterilizado para cada especie, luego se pesó 25 gr de aserrín fino y con un volumen de agua destilada conocido cada uno, hasta formar una mezcla homogénea y luego se colocó la solución en el pH meter tomando la primera lectura como referencia exacta. Cabe mencionar que para el análisis del pH el aserrín debe estar fresco.

Tabla 2. Cantidad de sustrato y agua destilada que se utilizó para medir el pH de las cuatro especies.

Especie	Sustrato (g)	Agua destilada (ml)	Relación
Ceibo	25	200	6:1
Motilón	25	150	8:1
Guaba	25	200	8:1
Coco	25	200	8:1

Elaborado por: el autor

V. RESULTADOS

A. Para cumplir el primer objetivo: Identificar dendrológicamente las cuatro especies forestales comerciales en estudio.

Las especies forestales comerciales en estudio son conocidas en el recinto Unión Cariamanga por su nombre común como: Coco, Ceiba, Motilón y Guaba. A continuación, se detallan las cuatro especies en estudio con su nombre científico que fueron identificadas en el herbario de la ESPOCH y en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Tabla 3. Identificación dendrológica de las cuatro especies forestales comerciales en estudio.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Fabaceae	<i>Inga coruscans</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Guaba
Malvaceae Juss	<i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn.	Ceibo
Myristicaceae R. Br.	<i>Virola sebifera</i> Aubl	Coco
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Fr. Allen.	Motilón

Elaborado por: Holger, V. 2019

De las especies en estudio se identificaron en el herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo las especies *Hyeronima alchorneoides* Fr. Allen y *Inga coruscans* Humb. & Bonpl. ex Willd., mientras que *Virola sebifera* Aubl y *Ceiba pentandra* (L) Gaertn, fueron identificadas en el herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

***Virola sebifera* Aubl (Coco)**

Árbol de 18 m de altura y 40 cm de DAP. Corteza dura, estriada o superficialmente agrietada, negruzca. Pelos individuales variables, estrellados, hialinos; sobre las ramitas, lámina e inflorescencia sésil-estrellados, sobre el fruto dendríticos-estrellados; sobre el envés de la lámina e inflorescencia dispersos. Hojas oblongas-lanceoladas u oblongas, acuminadas; base aguda, obtusa, o redondeada. Nervios secundarios. Inflorescencia una panícula piramidal. Flores pardas. Se pueden encontrar en Bosques primarios, secundarios.

***Ceiba pentandra* (L) Gaertn. (Ceibo)**

Árbol de 35 m de altura y 1 m de DAP, caducifolio. Raíces tablares de 50 cm de altura extendiéndose horizontalmente. Tronco recto, con espinas cónicas de hasta 3 cm de largo; corteza áspera combinada con líneas verdes verticales. Ramitas robustas cubiertas con espinas cónicas. Hojas digitadas, alternas; peciolo tan largos como los folíolos. Folíolos 7-9, oblongos-oblancoados, glabros, acuminados; base aguda; margen entero o subserrulado; nervación broquidódroma; nervios secundarios finos. Se pueden encontrar en Bosques húmedos o secos,

***Hyeronima alchorneoides* Fr. Allen. (Motilón)**

Árbol dioico, de 35 m de altura y 90 cm de DAP. Corteza externa es grisácea; corteza interna roja-oscura con fibras rectas. Ramitas terminales pardas, a menudo con grandes estípulas infladas amorfas. Hojas simples, alternas, helicoidales, anchamente avadas, base truncada, obtusa, redondeada, escamas lepidotas densas por el envés y un poco más dispersas en el haz; peciolo, ligeramente engrosado y curvado en el ápice. La especie mantiene hojas adultas de color anaranjado o rojizo, pegadas al árbol. Inflorescencia una panícula de racimos. Flores cremas-verduscas, rojiza o púrpura-oscura. Una semilla. Se pueden encontrar en Bosques húmedos.

***Inga coruscans* Humb. & Bonpl. ex Willd.**

Árbol de 20 m de altura y 40 cm de DAP. Ramas teretes, lenticeladas, glabras o pubérulas. Estípula, oblongas u oblanceoladas, estriadas longitudinalmente, glabras, caducas o persistentes. Pecíolo semiterete. Pecíolulo 1-4 mm de largo. Hojas con 2-3 pares de folíolos; folíolos terminales, elípticos o levemente obovados, base asimétrica, ápice acuminado; folíolos basales. Su fruto es una legumbre, abultada sobre las semillas, curvada, base asimétrica, ápice redondeado,

B. Para cumplir el segundo objetivo: Determinar las características microscópicas y macroscópicas de las 4 especies forestales comerciales.

1. Características anatómicas

Ablandamiento de las maderas en la autoclave con diferentes ciclos

Para el ablandamiento de las maderas se utilizó la autoclave a una temperatura de 121 °C y 1.1 atm. A continuación, se detallan los tiempos por ciclos de cada una de las especies.

Tabla 4. Ciclos de ablandamiento por cada una de las especies en estudio.

Especie	Ciclos	Tiempo
<i>Ceiba pentandra</i>	1	20 min
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	4	80 min
<i>Inga coruscans</i>	2	40 min
<i>Virola sebifera</i>	1	20 min

Elaborado por: Holger, V. 2019

Cuando las especies completaron cada uno de los ablandamientos estas permanecieron sumergidas en cada recipiente para que mantengan la humedad, luego se procedió a realizar los cortes histológicos en el micrótopo, obteniendo cada uno de los cortes tanto transversal, tangencial y radial de buena calidad, posteriormente cada uno de los cortes fueron colocados en la tinción combinada de Safranina/Astrablue.

a. *Virola sebifera* Aubl (Coco)

➤ **Corte transversal**

En esta sección se pueden observar en su gran mayoría múltiples de 2 y 3, poros solitarios en menor cantidad. Su porosidad es difusa en tamaño mediano, con disposición radial, parénquima paratraqueal aliforme. Radios medianos visibles.

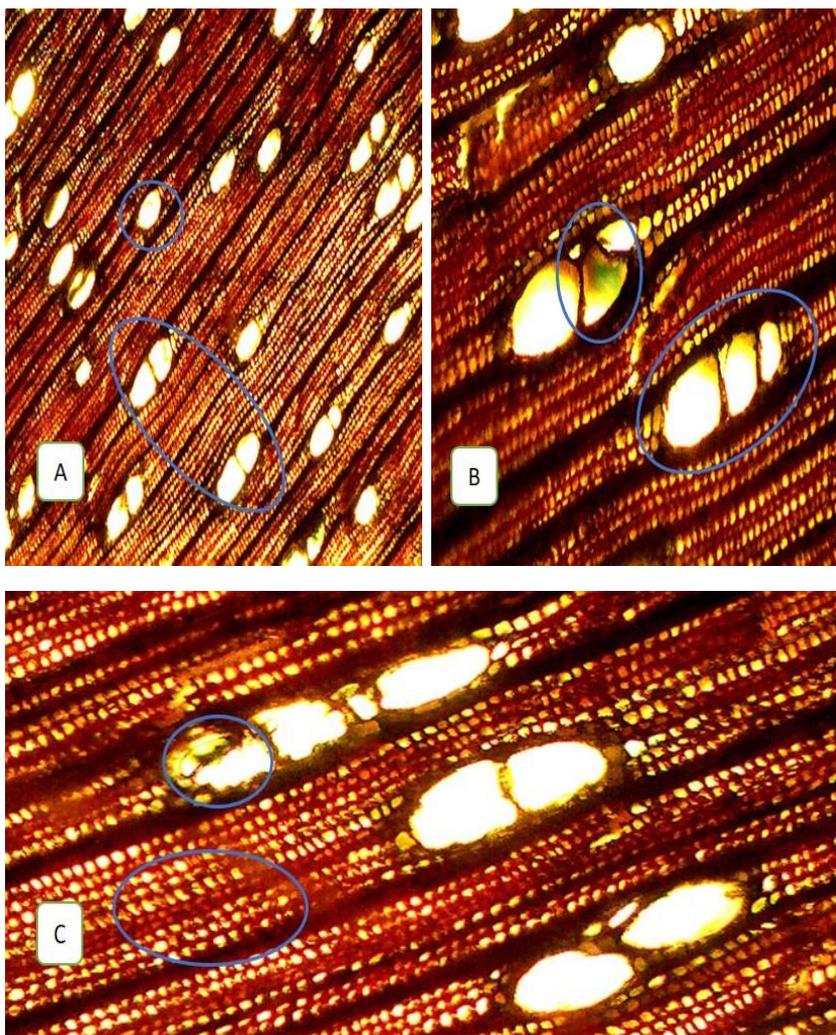


Figura 2. Corte transversal de *Virola sebifera* (Coco). A. Observado con lente de 4X, con presencia de poros solitarios y múltiples. B. Observado con lente de 10X, se puede apreciar presencia del parénquima paratraqueal aliforme, poro múltiple con presencia de goma. C. Observado con lente de 10X se puede apreciar las fibras de paredes mediana, poro con presencia de tñlido. Radios visibles de tamaño medianos.

➤ **Corte tangencial**

En esta sección se pueden observar radios uniseriados y biseriados, presencia del vaso con punteaduras y células envolventes en los radios.

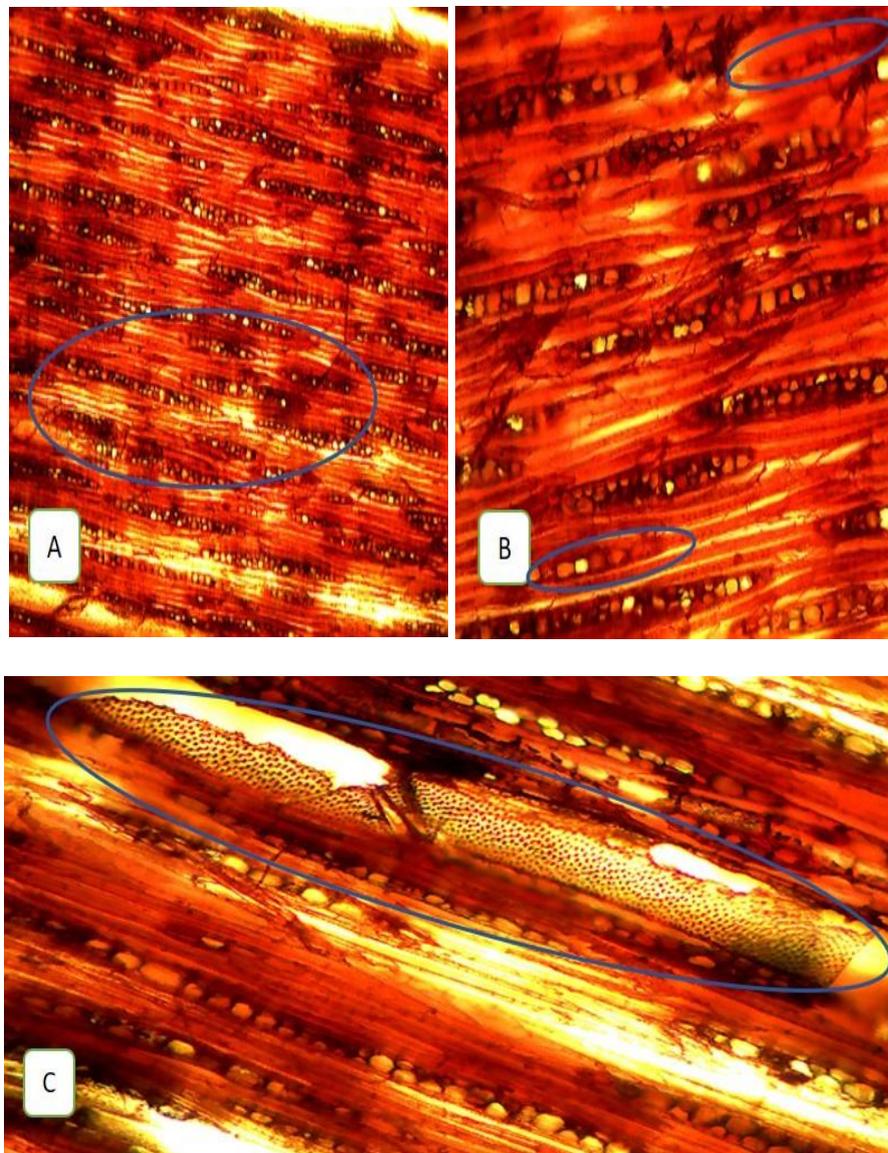


Figura 3. Corte tangencial de *Virola sebifera* (Coco). A. Observado con lente de 4X, presencia de radios uniseriados y biseriados. B. Observado con lente de 10X, radios uniseriados con presencia de células envolventes. C. Observado con lente de 10X, presencia del miembro del vaso con punteaduras ornadas.

➤ **Corte radial**

En esta sección se pueden observar radios homocelulares, fibras no septadas, fibras con paredes divisorias.

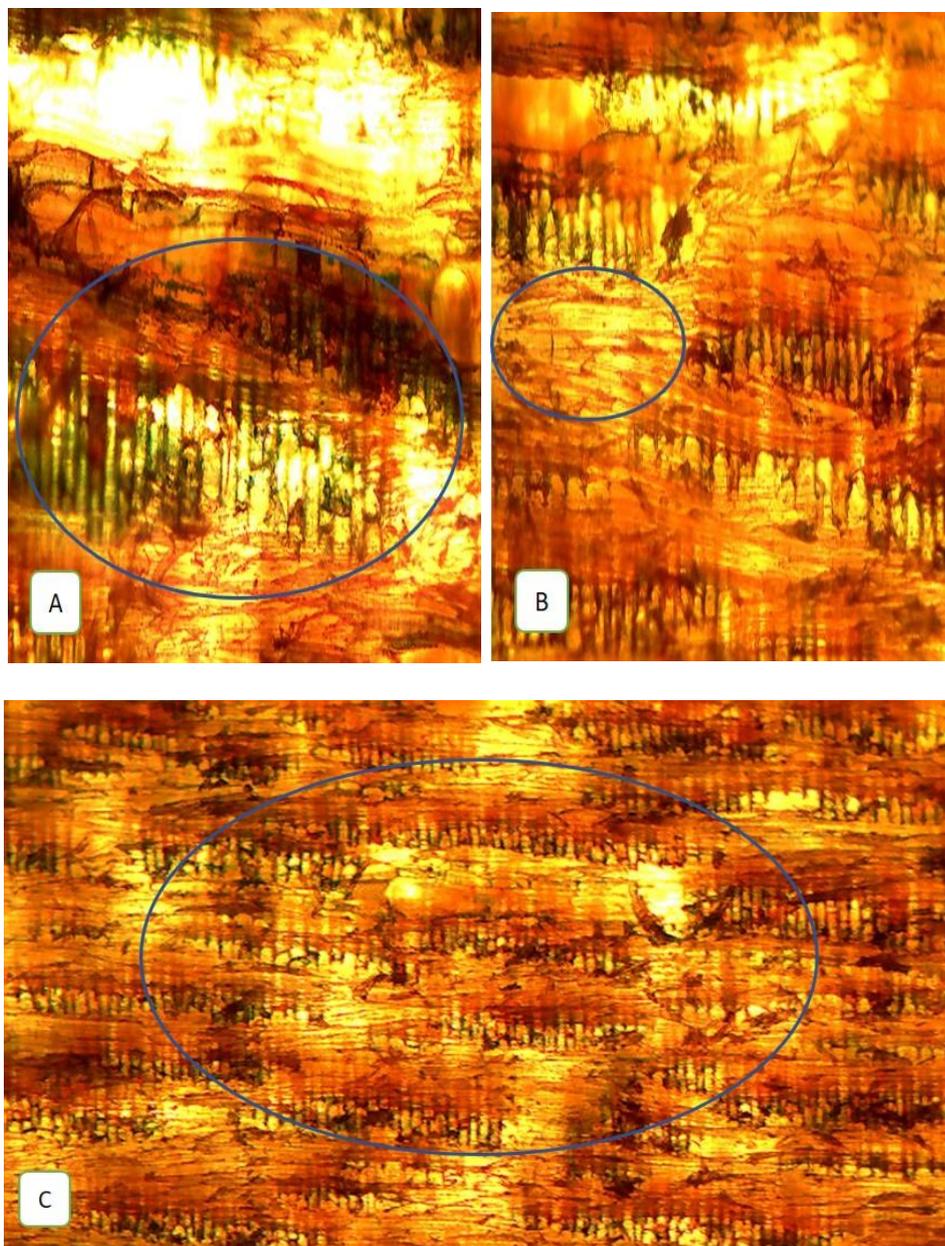


Figura 4. Corte radial de *Virola sebifera* (Coco). A. Observado con lente de 10X, se puede observar fibras no septadas. B. Observado con lente de 10X, fibras con paredes divisorias entre los radios y radios incompletos que no han formado completamente. C. Observado con lente de 4X, se puede observar radios homocelulares.

b. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. (Ceiba)

➤ **Corte transversal**

En esta sección se pueden observar poros solitarios en su gran mayoría, pero muy pocos poros múltiples de 2 y 3, presentan porosidad difusa con tamaño mediano, presencia de goma en los poros, la disposición de los poros es en sentido radial, parénquima paratraqueal unilateral y parénquima apotraqueal difuso, radios de tamaño mediano muy visibles. Fibras con paredes delgadas. Se puede notar claramente parte del anillo de crecimiento.

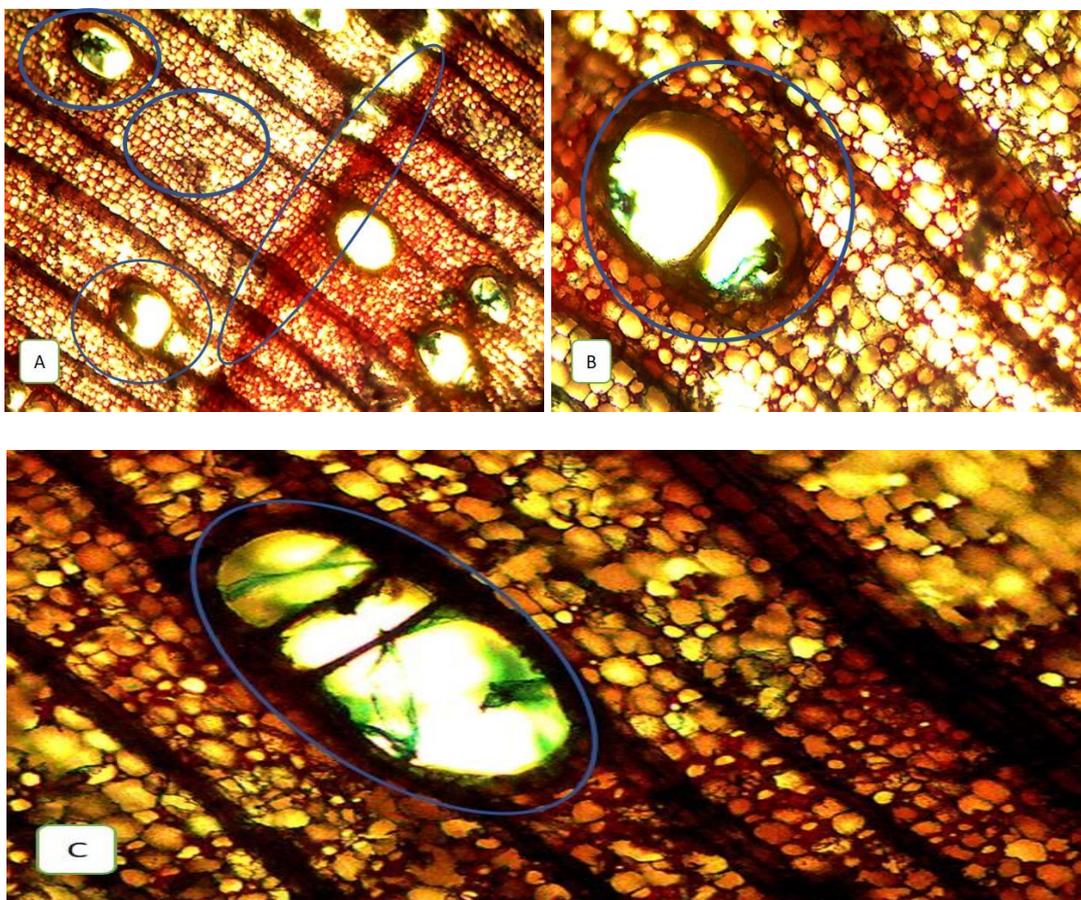


Figura 5. Corte transversal de *Ceiba pentandra* (Ceibo). A. Observado con lente de 4X, se puede observar poros solitarios, porosidad difusa, también se puede notar la presencia del anillo de crecimiento, fibras con paredes delgadas. B. Observado con lente de 10X, se puede notar claramente poro múltiple de 2, parénquima paratraqueal unilateral, la disposición es en sentido radial. C. Observado con lente de 10X, poro múltiple de 3 y parénquima apotraqueal difuso, presencia de goma dentro del poro.

➤ **Corte tangencial**

En esta sección se puede observar radios uniseriados y radios biseriados, miembro del vaso con punteaduras, radios con células envolventes.

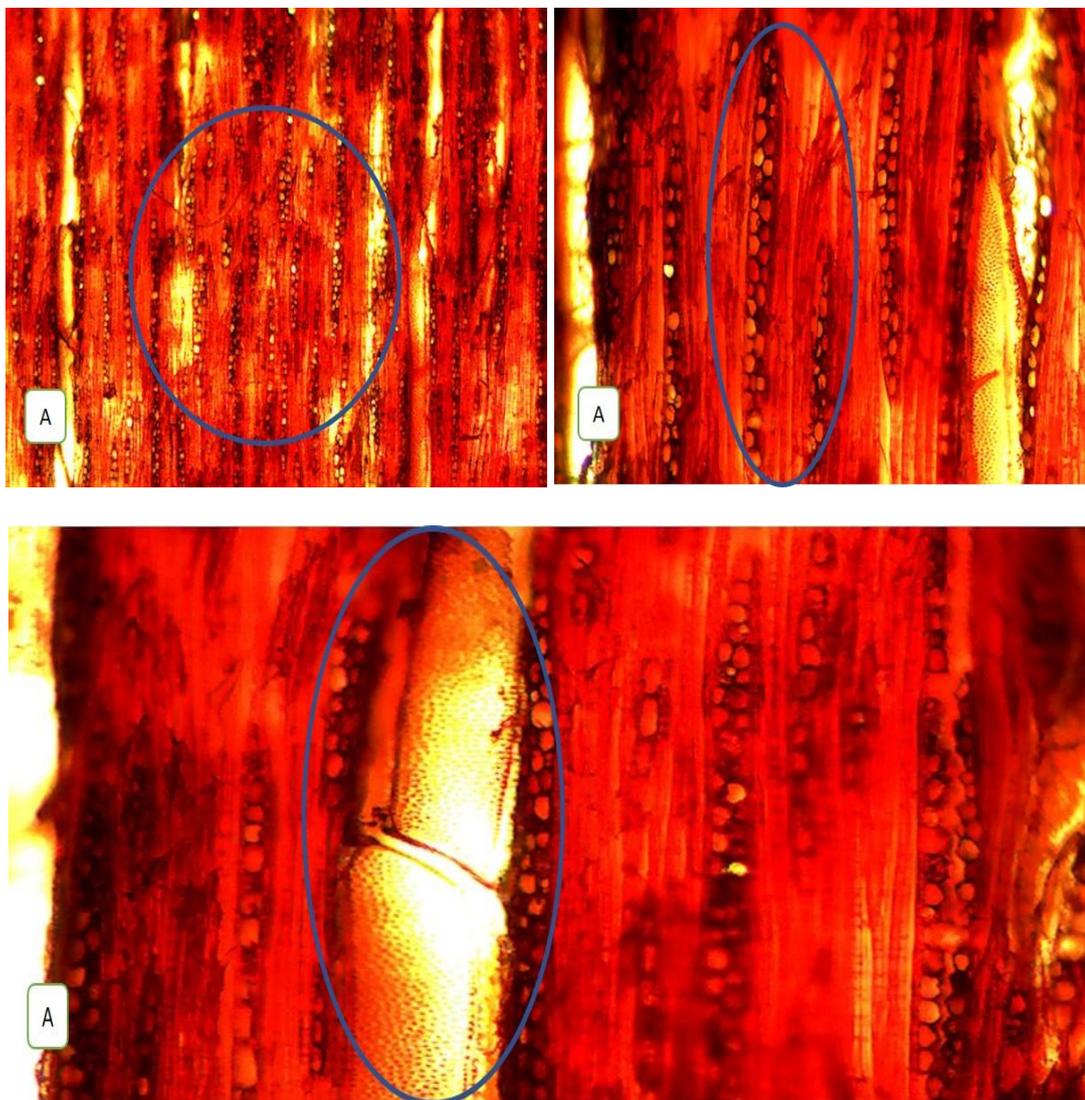


Figura 6. Corte tangencial de *Ceiba pentandra* (Ceibo). A. Observado con lente de 4X, se pueden observar radios uniseriados y biseriados. B. Observado con lente de 10X, se pueden notar los radios con células envolventes. C. Observado con lente de 10X, se nota el miembro del vaso con punteaduras aeroladas en su interior.

➤ **Corte radial**

En esta sección se puede observar radios heterocelulares, fibras no septadas, radios con paredes divisorias. Células parenquimáticas bien definidas.

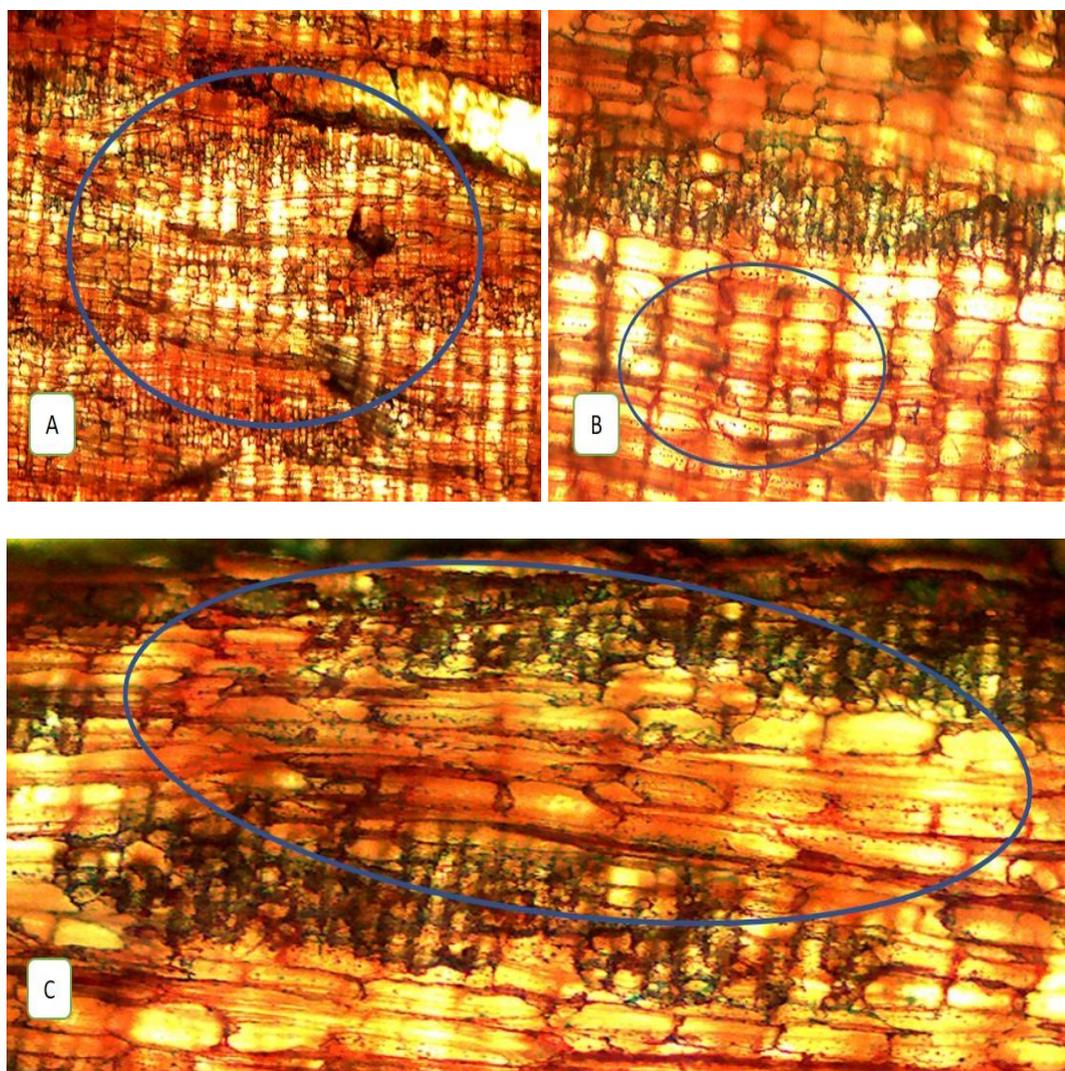


Figura 7. Corte radial de *Ceiba pentandra* (Ceibo). A. Observado con lente de 4X, se pueden observar radios heterocelulares con fibras no septadas. B. Observado con lente de 10X, se puede notar claramente las células parenquimáticas bien definidas. C. Observado con lente de 10X, se puede notar los radios con paredes divisorias que no se han formado completamente.

c. *Inga coruscans* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba)

➤ **Corte transversal**

En esta sección se pueden observar poros solitarios en su gran mayoría, pero muy pocos poros múltiples de 2 y 3, presentan porosidad difusa con tamaño mediano, la disposición de los poros es sin patrón definido, parénquima paratraqueal vasicéntrico, radios de tamaño mediano muy visibles. Fibras con paredes medianas.

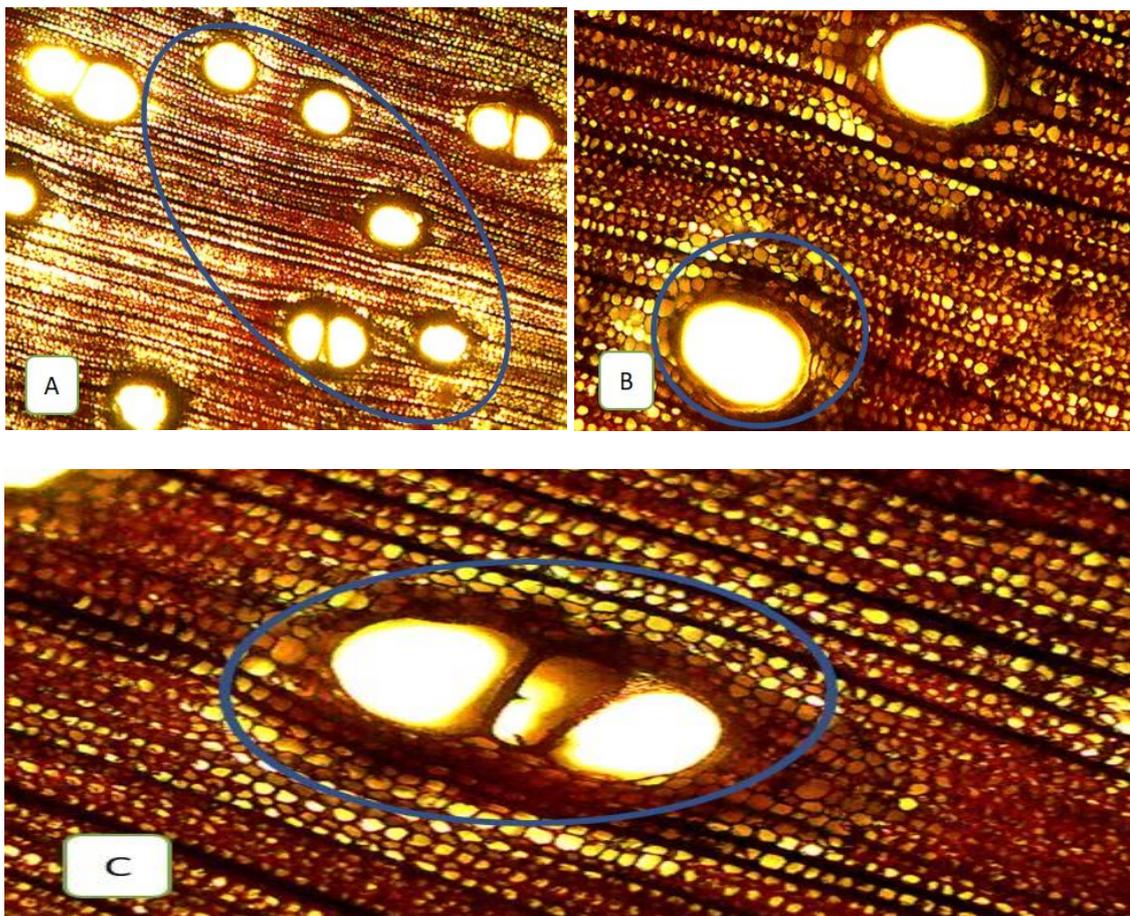


Figura 8. Corte transversal de *Inga coruscans* (Guaba). A. Observado con lente de 4X, se puede observar poros solitarios y múltiples de 2, porosidad difusa, fibras con paredes medianas. B. Observado con lente de 10X, se puede notar claramente poro solitario, parénquima paratraqueal vasicéntrico, la disposición de los poros es sin patrón definido. C. Observado con lente de 10X, poro múltiple de 3.

➤ **Corte tangencial**

En esta sección se puede observar radios uniseriados y radios biseriados, miembro del vaso con punteaduras, radios con células envolventes.

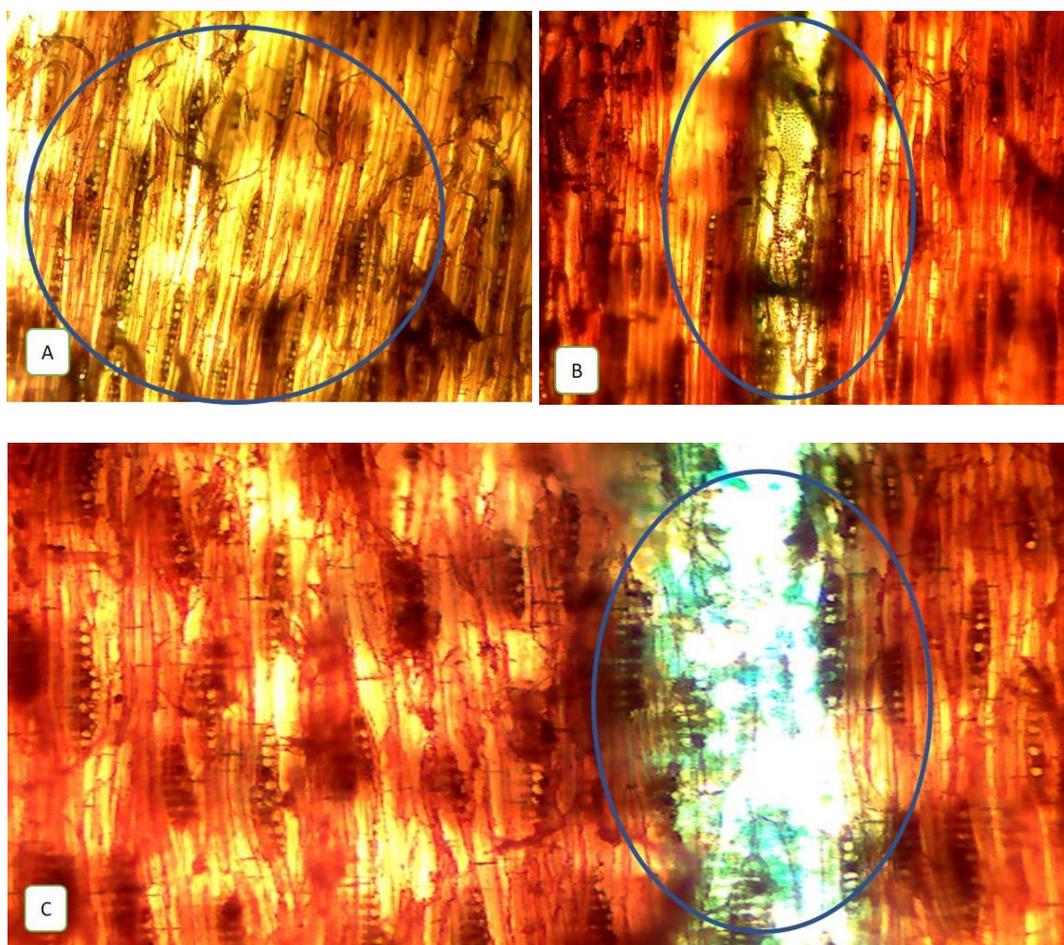


Figura 9. Corte tangencial de *Inga coruscans* (Guaba). A. Observado con lente de 4X, se pueden observar radios uniseriados y biseriados. B. Observado con lente de 10X, se pueden notar el miembro del vaso con punteaduras en su interior. C. Observado con lente de 10X, se puede notar los radios con células envolventes.

➤ **Corte radial**

En esta sección se puede observar radios heterocelulares, fibras no septadas, radios con paredes divisorias. Células parenquimáticas bien definidas.

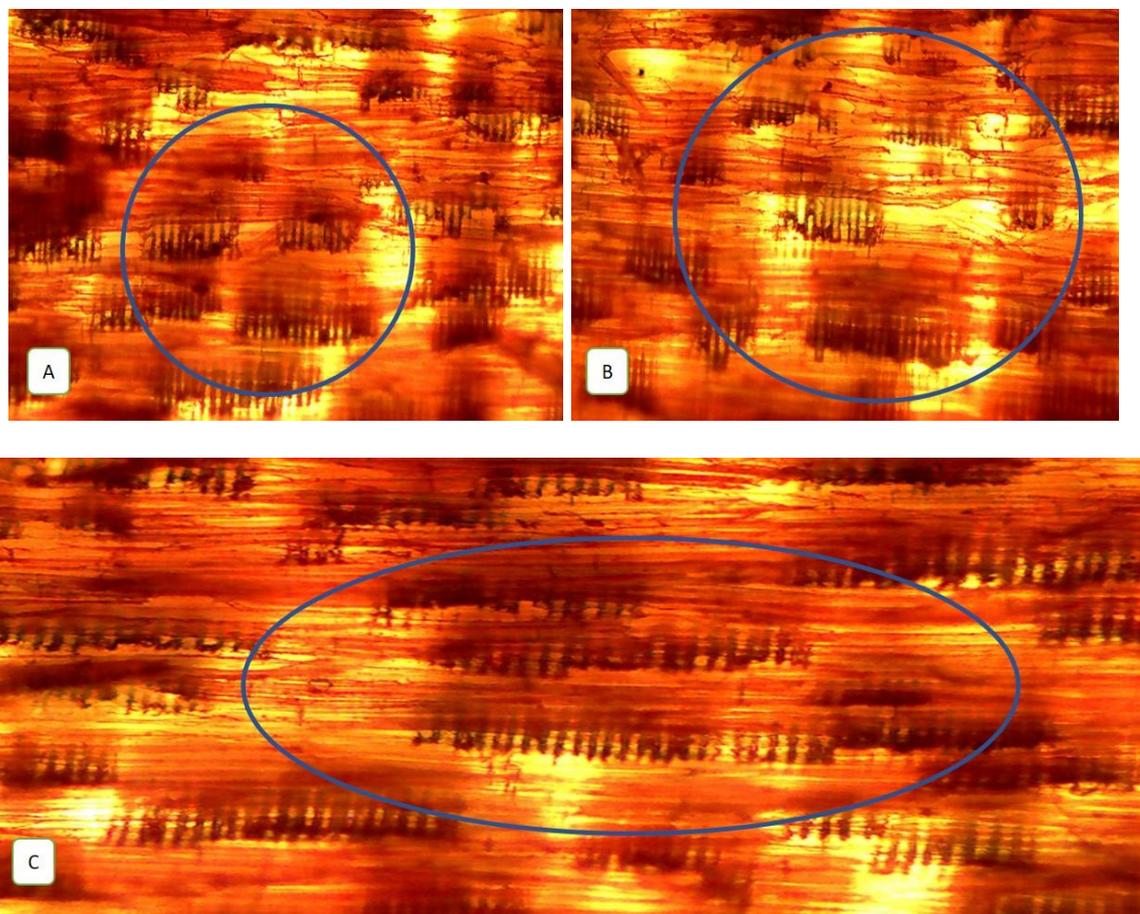


Figura 10. Corte radial de *Inga coruscans* (Guaba). A. Observado con lente de 10X, se pueden observar radios heterocelulares con fibras no septadas. B. Observado con lente de 10X, se puede notar claramente las células parenquimáticas bien definidas. C. Observado con lente de 10X, se puede notar los radios con paredes divisorias que no se han formado completamente.

d. *Hyeronima alchorneoides* Fr. Allen. (Motilón)

➤ **Corte transversal**

En esta sección se pueden observar poros solitarios en su gran mayoría, pero muy pocos poros múltiples de 2, presentan porosidad difusa con tamaño mediano, la disposición de los poros es en sentido radial, parénquima apotraqueal difuso, radios de tamaño pequeño poco visibles. Fibras con paredes gruesas.

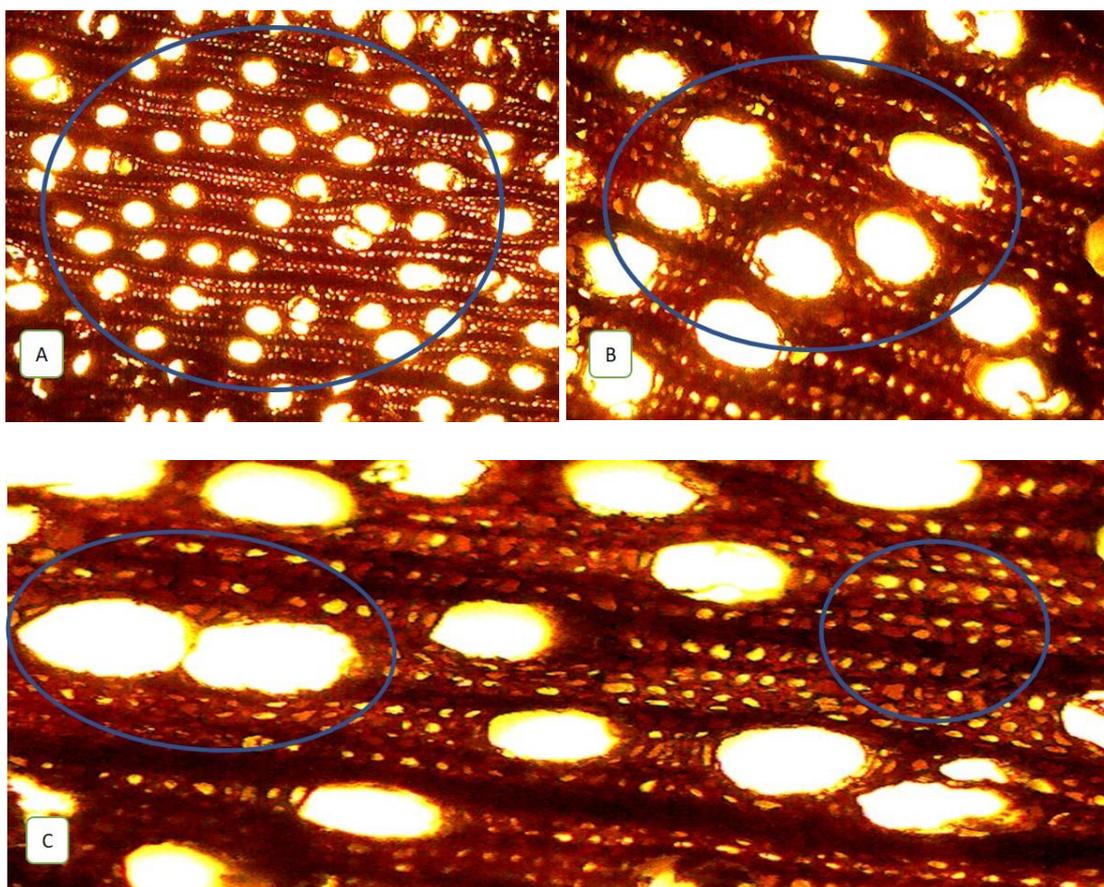


Figura 11. Corte transversal de *Hyeronima alchorneoides* (Motilón). A. Observado con lente de 4X, se puede observar poros solitarios en su gran mayoría, porosidad difusa. B. Observado con lente de 10X, se puede notar claramente poro solitario, parénquima apotraqueal difuso, la disposición de los poros ese en sentido radial. C. Observado con lente de 10X, poro múltiple de 2, fibras con paredes gruesas y radios de tamaño pequeño poco visibles.

➤ **Corte tangencial**

En esta sección se observa el miembro del vaso con punteaduras intervasculares opuestas, también se puede apreciar células septadas, también radios multiseriados con células envolventes.

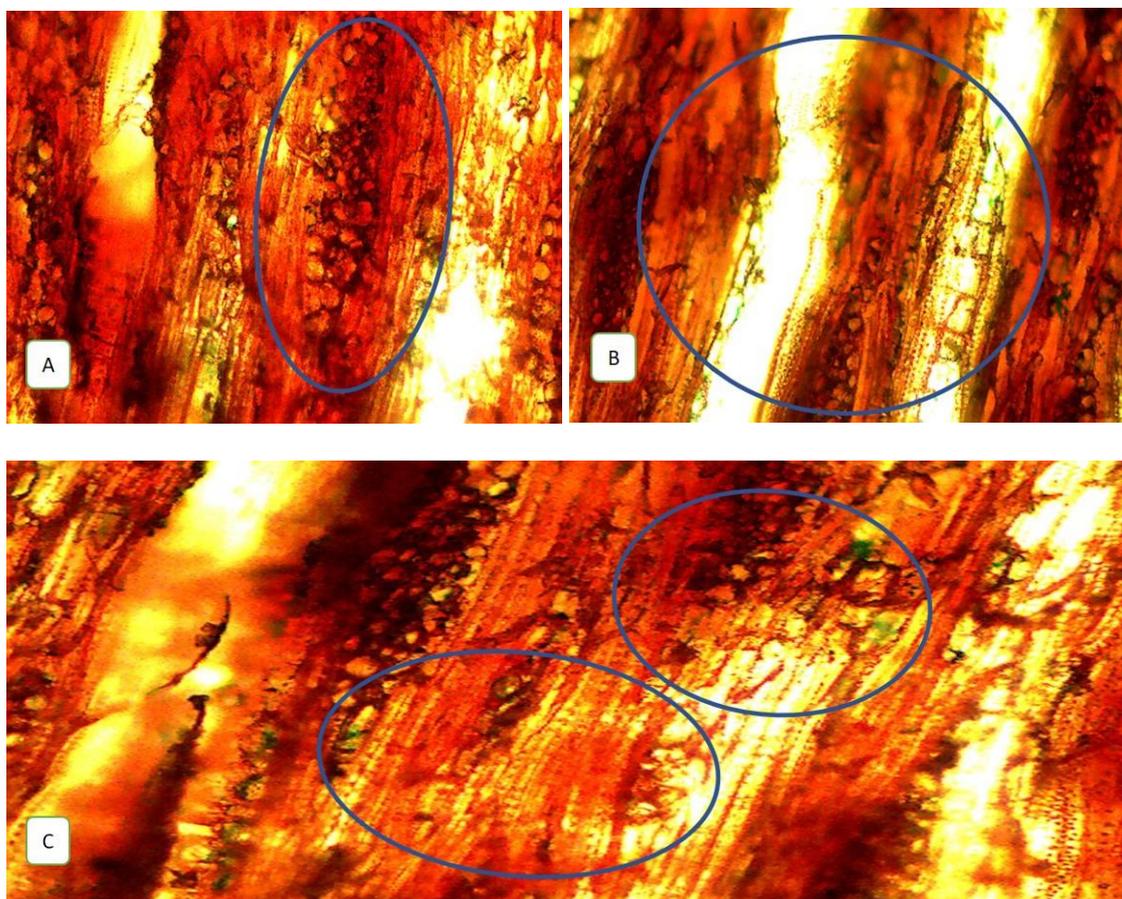


Figura 12. Corte tangencial de *Hyeronima alchorneoides* (Motilón). A. Observado con lente de 10X, se pueden observar radios multiseriados. B. Observado con lente de 10X, se puede notar el miembro del vaso con punteaduras en su interior. C. Observado con lente de 10X, se puede notar los radios con células envolventes y punteaduras en las células parenquimáticas.

➤ **Corte radial**

En esta sección se observa radios homocelulares con fibras no septadas, también se puede apreciar células parenquimáticas bien definidas, parte del vaso con punteaduras.

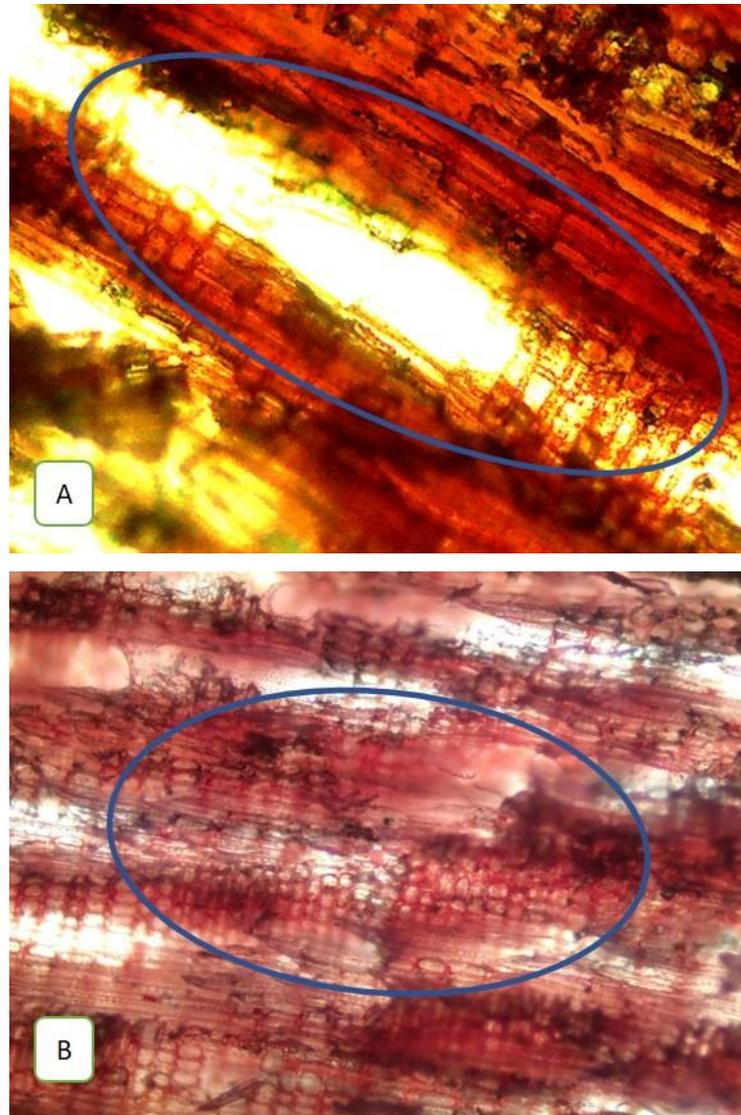


Figura 13. Corte radial de *Hyeronima alchorneoides* (Motilón). A. Observado con lente de 10X, se pueden observar radios homocelulares con fibras no septadas. Parte del vaso con punteaduras. B. Observado con lente de 10X, se puede notar claramente las células parenquimáticas bien definidas. Zona de cruzamiento de los radios con las fibras.

Tabla 5. Resumen de las características microscópicas de las cuatro especies en estudio.

Características	<i>Virola sebifera</i>	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	<i>Inga coruscans</i>
Poros	Múltiples radiales de 2 en su gran mayoría y escasos de tres 3, solitarios en menor cantidad.	Solitarios en su gran mayoría, escasos múltiples radiales de 2 y 3.	Solitarios en su gran mayoría, escasos múltiples radiales de 2.	Solitarios en su gran mayoría, escasos múltiples radiales de 2 y 3.
Tamaño de poros solitarios	Medianos	Grandes	Pequeños	Medianos
Tamaño de poros múltiples	Medianos	Grandes	Pequeños	Medianos
Parénquima	Parénquima paratraqueal aliforme	Parénquima paratraqueal unilateral y parénquima apotraqueal difuso	Parénquima apotraqueal difuso	Parénquima paratraqueal vasicéntrico
Porosidad	Difusa	Difusa	Difusa	Difusa

Elaborado por: el autor

Tabla 6. Características estudiadas de las especies según el tipo y cantidad de poros por cm².

Especie	Solitario	Múltiple de 2	Múltiple de 3	Múltiple de 4	Total de Poros/cm ²	Tamaño de poro
<i>Ceiba pentandra</i>	86	114	18	0	218	Grande
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	1143	126	18	0	1287	Pequeño
<i>Inga coruscans</i>	126	103	86	12	327	Mediano
<i>Virola sebifera</i>	161	322	207	23	713	Mediano

Elaborado por: el autor

En la presente tabla se muestra la cantidad y tamaño de los poros por centímetro cuadrado, por el tamaño las especies en estudio si presentan diferencias, pero no son muy significativas, pero por el número de poros si, siendo *Hyeronima alchorneoides* la que presenta mayor número de poros y *Ceiba pentandra* con la menor cantidad de poros.

2. Análisis estadístico

Se realizó la prueba de Tukey para el perímetro de poros solitarios y poros múltiples, también para la cantidad de poros solitarios y poros múltiples, luego se realizó un análisis de correspondencia para la mejor fotografía observada tomando tres categorías como regular, buena y muy buena. Cabe mencionar que antes de realizar la prueba de Tukey se efectuó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, tanto para los perímetros de los poros como para la cantidad de poros, ayudándonos a comprobar que los datos siguen una normalidad.

Tabla 7. Perímetro de poros solitarios de las cuatro especies (Tukey, $p \leq 0,05\%$).

<u>ESPECIE</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
<i>Ceiba pentandra</i>	804,07	4	314,74	A
<i>Inga coruscans</i>	1867,35	4	314,74	A
<i>Virola sebifera</i>	3680,50	4	314,74	B
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	17375,50	4	314,74	C

Elaborado por: el autor

Según la prueba de Tukey de acuerdo al perímetro de los poros solitarios observados por cada especie, se evidencian tres categorías (A, B y C), donde *Ceiba pentandra* e *Inga coruscans* corresponden a la misma categoría (A), mientras que *Virola sebifera* e *Hyeronima alchorneoides* se ubican en las categorías B y C respectivamente. Las especies que se encuentran en una misma categoría no presentan diferencias significativas, pero si son diferentes entre las tres categorías.

Tabla 8. Perímetro de poros múltiples de las cuatro especies (Tukey, $p \leq 0,05\%$).

<u>ESPECIE</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
<i>Ceiba pentandra</i>	724,43	4	468,69	A
<i>Inga coruscans</i>	1410,76	4	468,69	A
<i>Virola sebifera</i>	3481,76	4	468,69	B
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	14194,13	4	468,69	C

Elaborado por: el autor

Según la prueba de Tukey de acuerdo al perímetro de los poros múltiples observados por cada especie, se evidencian tres categorías (A, B y C), donde *Ceiba pentandra* e *Inga coruscans* corresponden a la misma categoría (A), mientras que *Virola sebifera* e *Hyeronima alchorneoides* se ubican en las categorías B y C respectivamente. Las especies que se encuentran en una misma categoría no presentan diferencias significativas, pero si son diferentes entre las tres categorías.

Tabla 9. Cantidad de poros solitarios de las cuatro especies (Tukey, $p \leq 0,05\%$).

<u>ESPECIE</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
<i>Ceiba pentandra</i>	4,25	4	1,67	A
<i>Inga coruscans</i>	5,50	4	1,67	A
<i>Virola sebifera</i>	6,25	4	1,67	A
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	49,25	4	1,67	B

Elaborado por: el autor

Según la prueba de Tukey de acuerdo a la cantidad de poros solitarios observados por cada especie, se evidencian dos categorías (A y B), donde *Ceiba pentandra*, *Inga coruscans* y *Virola sebifera* corresponden a la misma categoría (A), mientras que *Hyeronima alchorneoides* se ubica en la categoría B. Las especies que se encuentran en una misma categoría no presentan diferencias significativas, pero si son diferentes entre las dos categorías.

Tabla 10. Cantidad de poros múltiples de las cuatro especies (Tukey, $p \leq 0,05\%$).

<u>ESPECIE</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
<i>Ceiba pentandra</i>	2,50	4	0,72	A
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	3,25	4	0,72	A
<i>Inga coruscans</i>	3,75	4	0,72	A
<i>Virola sebifera</i>	10,25	4	0,72	B

Elaborado por: el autor

Según la prueba de Tukey de acuerdo a la cantidad de poros múltiples observados por cada especie, se evidencian dos categorías (A y B), donde *Ceiba pentandra*, *Inga coruscans* y *Hyeronima alchorneoides* corresponden a la misma categoría (A), mientras que *Virola sebifera* se ubica en la categoría B. Las especies que se encuentran en una misma categoría no presentan diferencias significativas, pero si son diferentes entre las dos categorías.

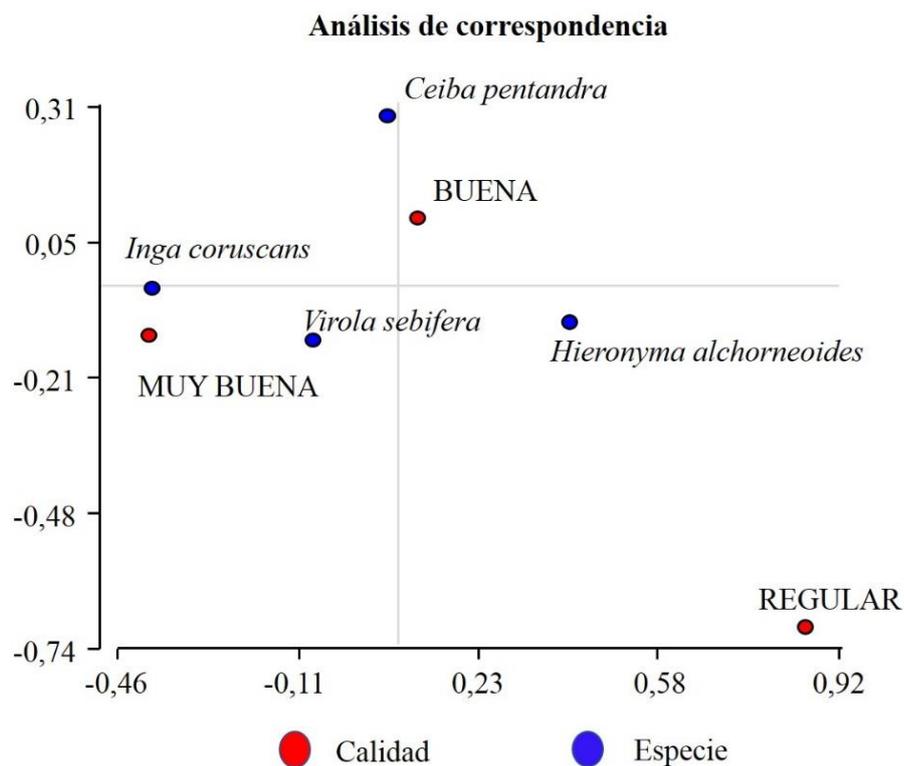


Figura 14. Análisis de correspondencia para la mejor especie observada.

Según el análisis de correspondencia se puede observar que las especies se clasifican en 3 grupos, el primer grupo se encuentran las especies *Inga coruscans* y *Virola sebifera* con respecto a una calidad de imagen muy buena, en el segundo grupo se encuentra la especie *Ceiba pentandra* y *Hieronima alchorneoides* referente a una calidad de imagen buena, mientras que el tercer grupo no se encuentra ninguna especie con calidad regular.

3. Características macroscópicas

Para la parte macroscópica se lo realizó con la ayuda de los sentidos (tacto, vista, gusto, olfato) grano, brillo, textura, olor y sabor. Para determinar el color de cada especie se utilizó (tabla de Munsell), A continuación, se detalla las características organolépticas de las 4 especies (Coco, Ceiba, Motilón y Guaba).

a. *Virola sebifera* Aubl (Coco)

Esta especie presenta un fuste cilíndrico, corteza dura, estriada o superficialmente agrietada, negruzca. El color de la madera para el duramen es 10 YR 6/6 amarillo pardusco, mientras que la albura es 10 YR 7/6 amarillo, la textura media, grano recto entrecruzado, lustre medio, veteado jaspeado, olor y sabor agradable no distintivo.



Figura 15. *Virola sebifera* Aubl (Coco), corteza.



Figura 16. *Virola sebifera* Aubl (Coco), corte transversal.



Figura 17. *Virola sebifera* Aubl (Coco), corte tangencial.



Figura 18. *Virola sebifera* Aubl (Coco), corte radial.

b. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. (Ceiba)

Esta especie presenta un tronco recto, cubierto con espinas cónicas de hasta 3 cm de largo; corteza áspera combinada con líneas verdes verticales. El color de la madera para el duramen es 10 YR 8/2 marrón muy pálido, mientras que la albura es 2.5 Y 8.5/2 amarillo pálido, la textura media, grano entrecruzado, lustre bajo, veteado jaspeado satinado, olor y sabor agradable no distintivo.



Figura 19. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn (Ceibo), corteza.



Figura 20. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn (Ceibo), corte transversal.



Figura 21. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn (Ceibo), corte tangencial.



Figura 22. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn (Ceibo), corte radial.

c. *Inga coruscans* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba)

Esta especie presenta un tronco recto con corteza fina estriada. El color de la madera para el duramen es 7.5 YR 6/6 amarillo rojizo, mientras que la albura es 10 Y 8/3 marrón muy pálido, la textura media, grano entrecruzado, lustre bajo, veteado arcos superpuestos, olor y sabor agradable no distintivo.



Figura 23. *Inga coruscans* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba), corteza.



Figura 24. *Inga coruscans* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba), corte transversal.



Figura 25. *Inga coruscans* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba), corte tangencial.



Figura 26. *Inga coruscans* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Guaba), corte radial.

d. *Hyeronima alchorneoides* Fr. Allen. (Motilón)

Esta especie presenta un tronco recto, corteza externa es grisácea, con huecos o deformaciones en la base del tronco. El color de la madera para el duramen es 5 YR 5/3 marrón rojizo, mientras que la albura es 7/5 YR 7/4 rosado, la textura media, grano ondulado, lustre bajo, vetado bandas paralelas, olor y sabor agradable no distintivo.



Figura 27. *Hyeronima alchorneoides* Fr. Allen. (Motilón), corteza.



Figura 28. *Hyeronima alchorneoides* Fr. Allen. (Motilón), corte transversal.



Figura 29. *Hyeronima alchorneoides* Fr. Allen. (Motilón), corte tangencial.



Figura 30. *Hyeronima alchorneoides* Fr. Allen. (Motilón), corte radial.

Tabla 11. Resumen de las características macroscópicas de las cuatro especies en estudio.

Características	<i>Virola sebifera</i>	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	<i>Inga coruscans</i>
Color duramen	Amarillo pardusco	Marrón muy pálido	Marrón rojizo	Amarillo rojizo
Color albura	Amarillo pardusco	Amarillo pálido	Rosado	Marrón muy pálido
Olor	Agradable, no distintivo	Agradable, no distintivo	Agradable, no distintivo	Agradable, no distintivo
Sabor	Agradable, no distintivo	Agradable, no distintivo	Agradable, no distintivo	Agradable, no distintivo
Grano	Entrecruzado	Entrecruzado	Ondulado	Entrecruzado
Textura	Media	Media	Media	Media
Brillo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Veteado	Jaspeado	Jaspeado satinado	Bandas paralelas	Arcos superpuestos

Elaborado por: el autor

4. Densidad

Tabla 12. Densidad de las cuatro especies en estado seco.

Especie	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (ρ =g/cm ³)
<i>Ceiba pentandra</i>	3,71	7,83	0,47
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	5,41	8,1	0,67
<i>Inga coruscans</i>	4,41	7,95	0,55
<i>Virola sebifera</i>	4,5	8	0,56

Elaborado por: el autor

Tabla 13. Densidad de las cuatro especies en estado verde.

Especie	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (ρ =g/cm ³)
<i>Ceiba pentandra</i>	8,39	8,35	1,00
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	10,17	8,5	1,20
<i>Inga coruscans</i>	8,99	8,42	1,07
<i>Virola sebifera</i>	8,56	8,59	1,00

Elaborado por: el autor

De acuerdo a los valores de la densidad de las cuatro especies en estado seco, se encuentran *Ceiba pentandra*, *Inga coruscans* y *Virola sebifera* con una densidad de categoría media (M), mientras que para *Hyeronima alchorneoides* se encuentra en una categoría alta (A). las categorías están en base a la clasificación de la madera según la densidad básica descrita por Vizcarra (1998).

5. pH

Tabla 14. pH de las cuatro especies en estudio.

Especie	pH
<i>Ceiba pentandra</i>	6,5
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	7,38
<i>Inga coruscans</i>	7,62
<i>Virola sebifera</i>	6,4

Elaborado por: el autor

De acuerdo a las propiedades que presentan cada una de las especies se obtuvo un potencial de hidrógeno similar, es decir un pH neutro, debido a que la composición química de estas especies tiene oxígenos e hidrógenos equivalentes.

VI. DISCUSIÓN

Según los estudios realizados por Palacios, (2016) menciona que *Virola sebifera* presenta un fuste recto, corteza dura, hojas oblongas-lanceoladas y su inflorescencia es una panícula piramidal, esta especie se encontró a una altitud de 300 msnm, por lo que estos datos son similares a los obtenidos en nuestra especie ya que nuestra especie se encontró a una altura de 280 msnm. Mientras que *Ceiba pentandra* en los estudios de Palacios, (2016) presenta un tronco recto, con espinas cónicas de hasta 3 cm de largo, hojas digitadas, alternas; peciolo tan largos como los folíolos. Folíolos 7-9, oblongo-oblancoados, corteza áspera combinada con líneas verdes verticales y sus frutos son una cápsula elíptica, lisa, leñosa, 8-15 x 5-7 cm. Semillas negras, 5 mm de largo, cubiertas con algodón pardo, también menciona que esta especie se puede encontrar hasta los 1000 msnm, por lo que estos datos son similares y nuestra especie se encontró a una altitud de 280 msnm.

En cuanto a la investigación de las características microscópicas realizados en Venezuela por Williams & León, (2014) menciona que *Hyeronima alchorneoides* presenta porosidad difusa, poros con disposición radial, fibras no septadas y parénquima apotraqueal difuso, por lo que estos datos son similares a los obtenidos en nuestra investigación.

En los estudios realizados por Irena (1992) en Nicaragua, menciona que *Hyeronima alchorneoides* presenta 10 poros por mm² en base a la cantidad, estos datos son similares a los obtenidos en nuestra especie ya que se determinó un total de 10 a 12 poros por mm².

En los estudios de las características macroscópicas realizados por Richter & Dallwitz, (2000) menciona que *Hyeronima alchorneoides* presenta un color de duramen marrón rojizo y la albura de color rosado por lo cual estos datos coinciden con la presente especie estudiada. Pero en los estudios de Carpio, (2003) mencionada que *Hyeronima alchorneoides* presenta un color de duramen pardo anaranjado y de la albura anaranjado claro por lo que estos datos difieren a los obtenidos en nuestro estudio ya que se determinó un color de duramen marrón rojizo y la albura de color rosado. Mientras que en los estudios de *Ceiba pentandra* realizados por Richter & Dallwitz, (2000) menciona que el

color del duramen y albura es blanco o grisáceo por lo cual estos datos difieren con los de nuestra especie investigada ya que se determinó que el color del duramen es marrón muy pálido y para la albura amarillo pálido.

Según Moya et al, (2007) en el estudio de las características físicas de la madera realizado en Bolivia indica que *Virola sebifera* presenta una densidad de 0,4–0,65 g/cm³, por lo que estos datos son similares a los determinados en este estudio ya que *Virola sebifera* presentó una densidad de 0.56 g/cm³. Mientras que los estudios realizados por Carpio y Solís, (1992) mencionan que la densidad para *Hyeronima alchorneoides* es de 0,79 g/cm³, estos datos son de especies maderables de Costa Rica, estos datos difieren con los obtenidos en nuestra especie ya que la densidad fue de 0,67 g/cm³, pero estos datos se encuentran en un mismo rango de categoría alta de acuerdo a la clasificación de la madera según la densidad básica, descrita por Vizcarra, (1998).

VII. CONCLUSIONES

Se logró identificar dendrológicamente las cuatro muestras de las especies colectadas en los herbarios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, llegando a determinarse el género y la especie de cada muestra. Las cuatro especies pertenecen a familias diferentes, pero presentan ciertas características similares como la forma recta y cilíndrica del fuste.

Para la observación de las características microscópicas de las cuatro especies se utilizó una combinación de Safranina y Astrablue en relaciones iguales dando muy buenos resultados, permitiendo identificar perfectamente cada estructura en los diferentes planos de la madera.

Las características microscópicas de las cuatro especies en cuanto al tipo de poro, tres especies presentan poros solitarios en su gran mayoría y escasos múltiples de 2 y 3, pero las cuatro especies presentan porosidad difusa. Por el tamaño de los poros, la *Ceiba pentandra* presenta poros grandes y *Hyeronima alchorneoides* presenta poros pequeños.

Se realizó el conteo de poros de las cuatro especies por cm^2 , siendo la *Ceiba pentandra* la que presentó menor cantidad y *Hyeronima alchorneoides* con mayor número, concluyendo que las que presentan menor número de poros son de menor densidad y las que mayor número de poro presentan las maderas duras de mayor densidad.

En el análisis comparativo de las cuatro especies en estudio, se cumple la hipótesis alternante; que las características microscópicas y macroscópicas de las 4 especies forestales comerciales al menos una sea similar, ya que el análisis estadístico efectuado mostró similitudes en el total de poros, cantidad de poros solitarios, perímetro de poros solitarios y múltiples.

En las características macroscópicas las cuatro especies presentaron características muy similares, siendo su mayor deferencia el color de la albura y duramen.

En cuanto a la densidad de las cuatro especies no presentan diferencias significativas ya que tres especies se encuentran en categoría media y solo una especie se encuentra en categoría alta que es *Hyeronima alchorneoides*.

En los datos obtenidos sobre el pH de las cuatro especies, dos especies presentan el pH neutro que fue *Hyeronima alchorneoides* y *Inga coruscans* mientras que *Ceiba pentandra* y *Virola sebifera* presentaron un pH ácido.

VIII. RECOMENDACIONES

Para determinar las características microscópicas, se recomienda ser cuidadosos de no saturar las muestras histológicas con la tinción, ya que esto podría impedir que se observen todas las estructuras.

Se recomienda mejorar la cámara Motic 2.0 para obtener una mejor resolución de imagen.

Se recomienda para futuras investigaciones, complementar los estudios con las propiedades mecánicas de las especies, con el fin de generar una información completa y útil para el sector forestal e industria maderera.

IX. RESUMEN

La biodiversidad en Ecuador compone un patrimonio natural para la humanidad, la anatomía de madera es la rama de la biología que estudia el xilema, leño o madera con el propósito de conocerla internamente y darle un buen uso. Esta investigación propone determinar las características microscópicas y macroscópicas de cuatro especies forestales comerciales del cantón Puerto Quito, provincia de Pichincha, con el propósito de aportar a la industria ecuatoriana para tener un mejor aprovechamiento y uso de la misma. Para la identificación dendrológica se utilizaron los herbarios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Para el análisis anatómico se realizaron cubos de 2 cm³, se ablandaron los cubos utilizando el autoclave, con una temperatura de 121°C y a una presión de 1.1 atm por ciclo. Se realizaron los cortes (transversal, tangencial y radial) con el microtomo rotatorio con un tamaño de 0.3 micras cada lamina, para luego ser sumergidas en la tinción combinada de Safranina/Astrablue, logrando observar en cada uno de los cortes las estructuras de la madera. Para las características macroscópicas se tomaron en cuenta la (textura, grano vetado, brillo, olor y sabor), se realizó probetas con dimensiones de 15*9*2 cm³. Se midió un cubo en fresco tomando su peso para calcular su densidad. También se utilizó aserrín fresco y se mezcló con agua destilada para determinar el pH de cada especie. En el análisis estadístico se realizaron tablas comparativas tomando en cuenta el perímetro y cantidad de poro, mediante un análisis de varianza. Se concluye que la tinción utilizada resulto ser muy buena, la cual logro observar las estructuras de las especies, aunque las cuatro especies pertenecen a familias diferentes.

Palabras clave: CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS - CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS – MADERA – HERBARIO.

Por: Holger Vera



REVISADO
10 JUNIO 2018
[Handwritten signature]

X. SUMMARY

Biodiversity in Ecuador makes up a natural heritage for humanity, the anatomy of wood in the branch of Biology that studies the xylem, log or wood with the purpose of knowing it internally and giving it a good use. This research proposes to determine the microscopic and macroscopic characteristics of four commercial forest species from the canton of Puerto Quito, Pichincha Province, with the purpose of contributing to the Ecuadorian industry in order to have a better advantage and use of it. For the dendrological identification, the herbariums were used from the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo and the Pontificia Universidad Católica del Ecuador. For the anatomical analysis cubes of 2 cm were made, the cubes were softened using the autoclave, with a temperature of 121 °C and a pressure of 1.1 atm per cycle. The slices (transversal, tangential and radial) were made with the rotating microtome with a size of 0.3 micros each sheet, to be submerged in the combined Safranina/Astrablue stain, making it possible to observe in each one of the cuts the structures of the wood. For the macroscopic characteristics, texture, grains, brightness, smell and taste were taken into account; test pieces with dimensions of 15*9*2 cm were made. A fresh cube was measured by taking its weight to calculate its density. Fresh sawdust was also used and mixed with distilled water to determine the pH of each species. In the statistical analysis, comparative tables are made taking into account the perimeter and pore quantity through an analysis of variance. It is concluded that the staining used turned out to be very good, which managed to observe the structures of the species, although the four species belong to different families.

KEYWORDS:

**MACROSCOPIC CHARACTERISTICS // MICROSCOPIC CHARACTERISTIC //
WOOD // HERBARIUM**



XI. BIBLIOGRAFÍA

- Ángel, M. (1985). *Nociones básicas de taxonomía vegetal*. San José, Costa Rica. p. 216.
- Aróstegui, A. (1982). *Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de madera peruanas*. Documento de trabajo N° 2. Proyecto PNUD/FAO7PER/81/002. Lima, Perú. p. 57.
- Barañao, J., Penón, E., Craig, E., Cucciuffo, E., & Flaco, P. (2008). *Manual para la identificación de maderas con aumentos de hasta 10x*. Lujan: Universidad Nacional de Lujan Departamento de Tecnología Producción Vegetal IV Dasonomía. Buenos Aires – Argentina.
- Boada, C. (2003). *Nuestra mega diversidad desconocida*. Tierra Incógnita, 8(2):17.
- Campos, E. (2006). *Variación de la densidad básica de la madera, en siete familias de Larix decidua Miller*. (Tesis de grado. Ingeniero Forestal). Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Recuperado el 15 de mayo de 2019, de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fifc186v/doc/fifc186v.pdf>.
- Carpio, I. (1992). *Maderas de Costa Rica, 150 especies forestales*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica. p. 338.
- Comisión Panamericana para Normas Técnicas. (1972). *458 Maderas selección y colección de muestras*. Nueva York: COPANT.
- Espinoza, P. (1991). *Estudio de nueve especies venezolanas para la producción de chapas decorativas*. Universidad de Los Andes. Talleres Gráficos. Mérida, Venezuela.
- Fengel, D., & Wegener, G. (1984). *food chemistry, ultrastructure, reactions*. New York, USA: Walter de Gruyter. p. 221.
- Forero, E., & Romero, C. (2005). *Estudios en leguminosas colombianas*. Edición conjunta de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el Instituto Humboldt, el Instituto de Ciencias Naturales y la Red Latinoamericana de Botánica. Bogotá, Colombia. 25: 149-150.
- Gaceta. (1997). *Definiciones forestales*. Recuperado el 9 de marzo de 2019, de: http://www.sirefor.go.cr/?page_id=1039.

- Gärtner, H., & Schweingruber, F. (2013). *Staining cell walls, microscopic preparation techniques for plant stem analysis*. Remagen-Oberwinter Suiza: Verlag Dr. Kessel. ISBN: 978-3-941300-76-7.
- Giménez, A., Moglia, J., Hernández, P., & Gerez, R. (2005). *Anatomía de la madera*. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Giménez, A., Moglia, J., Hernández, P., & Gerez, R. (2005). *Anatomía de maderas* (2^a ed.). Santiago del Estero, Argentina.
- Grande, D., & Polanco, C. (2007). *Descripción anatómica de la madera de cuarenta especies del bosque alto-andino en Guasca, Cundimarca*. Bogotá-Colombia. Colombia Forestal 10(20): 180-206.
- Hoadley, B. (1980). *Understanding Wood*. Taunton Press, Inc. Newtown. U. S.A.
- Hoadley, B. (1990). *Identifying Wood*. The Taunton Press, Inc. Newtown. U.S.A.
- International Association of Wood Anatomists. (2016). *List of Microscopic Bark Features*, 37(4): 517-615.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). *Anuario meteorológico N° 53-2013*. Recuperado el 15 de mayo de 2019, de: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.
- Irena, (1992). *Fichas técnicas de maderas Nicaragüenses*. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente Servicio Forestal Nacional. Departamento de Investigación Forestal. Laboratorio de Tecnología de la madera. Fichas No.4, No.6 y No. 7. Nicaragua.
- Jane, F. (1970). *The Structure of Wood*. Adam & Charles Black LTD. London.
- Jørgensen, M., & León, S. (1999). *Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador*. Missouri. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 75:1-1181.
- Junac. (1989). *Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas*. Junta del Acuerdo de Cartagena. Proyecto PRID_MADERA. Lima, Perú.

- Kollmann, F. (1959). *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Traducido por instituto forestal de investigaciones y experiencias y el servicio de la madera. (2ª. ed.). Madrid-España. Vol. 2. Tomo 1.
- León, H., & Espinoza P. (1995). *Descripción macroscópica y clave de identificación de 73 especies de la unidad experimental de la Reserva Forestal de Caparo* (Edo. Barinas). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. COMODATO ULA_MARNR. Cuaderno de COMODATO N° 24. Mérida, Venezuela.
- León, W., & Espinoza, N. (2001). *Anatomía de la madera*. Recuperado el 9 de mayo de 2019, de: https://www.researchgate.net/publication/44368335_Anatomia_de_la_madera_Williams_Jose_Leon_Hernandez_Narcisana_Espinoza_de_Pernia.
- Lema, R. (2018). *Caracterización anatómica de (Trophis caucana, Maclura tinctoria, Rollinia dolichopetala y Clarisia racemosa), mediante tinciones; procedentes del parque botánico regional Sucúa ubicado en la provincia de Morona Santiago*. (Tesis de grado. Ingeniero Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Recuperado el 13 de mayo de 2019, de [file:///C:/Users/SYSTEMarket/Downloads/33T0177%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/SYSTEMarket/Downloads/33T0177%20(3).pdf).
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2018). *Tinciones generales. Atlas de histología vegetal y animal*. Recuperado el 8 de marzo de 2019, de: <https://mmegias.webs.uvigo.es/6-tecnicas/5-general.php>.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Subsecretaría de patrimonio natural. Quito, Ecuador: MAE.
- Moya, R., Gómez, M., Rivero, J. (2007). *Clave de Identificación Macroscópica para 22 Especies maderables de Bolivia*. Revista Forestal Venezolana 51(2):179-193.
- Organización de las Naciones Unidas. (2001) *Global forest resources assessment 2000*. Main report. FAO Forestry Paper 140. ISSN 0258-6150. Recuperado el 14 de junio de 2019, de: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/Y1997E/FRA%202000%20Main%20report.pdf>.

- Palacios, W. (2016). *Árboles del Ecuador: especies representativas*. (UTN, Ed.). (1ª. ed.) Ciudadela el Olivo Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador.
- Pashin, A., & Zeeuw, C. (1980). *Textbook of wood technology*. McGraw-Hill Series in Forest Resources. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Richter, H., & Dallwitz, M. (2000). Onwards. Commercial timbers: *descriptions, illustrations, identification, and information retrieval*. Version: 9th April 2019. Recuperado el 5 de junio de 2019, de: <https://www.deltaintkey.com/wood/es/refs.htm>
- Rivera, S. (2014). *Variación del contenido de humedad y cambio dimensional en diferentes alturas de fuste de Bolaina Blanca (Guazuma crinita Mart.)* En la Zona Tingo María 43 Propiedades (Tesis de grado. Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestales). Facultad De Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria De La Selva. Recuperado el 16 de mayo de 2019, de: http://www.academia.edu/9766041/TESIS_JHONY.
- Sibille, M. (2015). *Anatomía de la madera*. Recuperado el 20 de abril de 2019, de <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCQQFjAC&url=http%3A%2F%2Fcf.unse.edu.ar%2Farchivos%2Fseries-didacticas%2Fsd-1-anatomia-de-madera>.
- Solís, C. (1992). *Características de la madera de 20 especies nativas de la Región Huetaar Norte*. COSEFORMA. Publicación No. 23. San José, Costa Rica. p. 65.
- Spiegel, M., Schiller, J., & Srinivasan, R. (2007). *Análisis de la varianza. Probabilidad y Estadística*. Schaum (2ª ed). México D.F: McGraw-Hill. pp. 335-356.
- Thomas, R. (1981). *Wood anatomy and ultrastructure. wood: its structure and properties*. Edited by F. Wangaard. Pennsylvania State University. Pennsylvania.
- Vallejo, P., & Zambrano, J. (2002). *Física Vectorial 2*. Quito- Ecuador: Rodin. p. 246.
- Vizcarra, S. (1998). *Guía para el secado de la madera en horno*. Proyecto de manejo forestal sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz, Bolivia. p. 7.
- Wilson, K., & White, D. (1986). *The Anatomy of Wood: its Diversity and Variability*. Stobart & Son LTD. London.

Williams, J., & León, H. (2014). *Anatomía de maderas de 108 especies De Venezuela*. Serie Publicaciones Pittieria. Venezuela.

XII. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad para el perímetro de poros solitarios mediante Shapiro-Wilks.

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
RDUO SOLITARIO	16	0,00	487,59	0,97	0,9272

Anexo 2. Anova para el perímetro de poros solitarios

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
SOLITARIO	16	1,00	0,99	10,61

Anexo 3. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	716823183,77	6	119470530,63	301,50	<0,0001
ESPECIE	715360176,86	3	238453392,29	601,78	<0,0001
REPETICION	1463006,91	3	487668,97	1,23	0,3542
Error	3566232,86	9	396248,10		
Total	720389416,64	15			

Anexo 4. Prueba de normalidad para el perímetro de poros múltiples mediante Shapiro-Wilks.

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
RDUO MULTIPLE	16	0,00	726,09	0,97	0,9380

Anexo 5. Anova para el perímetro de poros múltiples

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
MULTIPLE	16	0,98	0,97	18,93

Anexo 6. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	473583042,46	6	78930507,08	89,83	<0,0001
ESPECIE	471965381,09	3	157321793,70	179,04	<0,0001
REPETICION	1617661,37	3	539220,46	0,61	0,6231
Error	7908139,01	9	878682,11		
Total	481491181,47	15			

Anexo 7. Prueba de normalidad para la cantidad de poros solitarios mediante Shapiro-Wilks.

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
RDUO PORO SOLITARIO	16	0,00	2,58	0,93	0,4263

Anexo 8. Anova para cantidad de poros solitarios

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
PORO SOLITARIO	16	0,98	0,97	20,44

Anexo 9. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	5817,38	6	969,56	87,21	<0,0001
ESPECIE	5794,19	3	1931,40	173,72	<0,0001
REPETICION	23,19	3	7,73	0,70	0,5779
Error	100,06	9	11,12		
Total	5917,44	15			

Anexo 10. Prueba de normalidad para la cantidad de poros múltiples mediante Shapiro-Wilks.

<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D.E.</u>	<u>W*</u>	<u>p(Unilateral D)</u>
RDUO PORO MULTIPLE	16	0,00	1,11	0,98	0,9863

Anexo 11. Anova para cantidad de poros múltiples

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PORO MULTIPLE	16	0,89	0,82	29,09

Anexo 12. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	154,38	6	25,73	12,47	0,0006
ESPECIE	153,69	3	51,23	24,84	0,0001
REPETICION	0,69	3	0,23	0,11	0,9514
Error	18,56	9	2,06		
Total	172,94	15			

Anexo 13. Análisis de correspondencia para la mejor especie observada.

ESPECIE	BUENA	MUY BUENA	REGULAR	Total
<i>Virola sebifera</i>	12	7	1	20
<i>Ceiba pentandra</i>	16	4	0	20
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	15	3	2	20
<i>Inga coruscans</i>	11	9	0	20
Total	54	23	3	80

Anexo 14. Árbol en pie de *Ceiba pentandra* (Ceibo).

Anexo 15. Árbol en pie de *Inga coruscans* (Guaba).



Anexo 16. Árbol en pie de *Hyeronima alchorneoides* (Motilón).



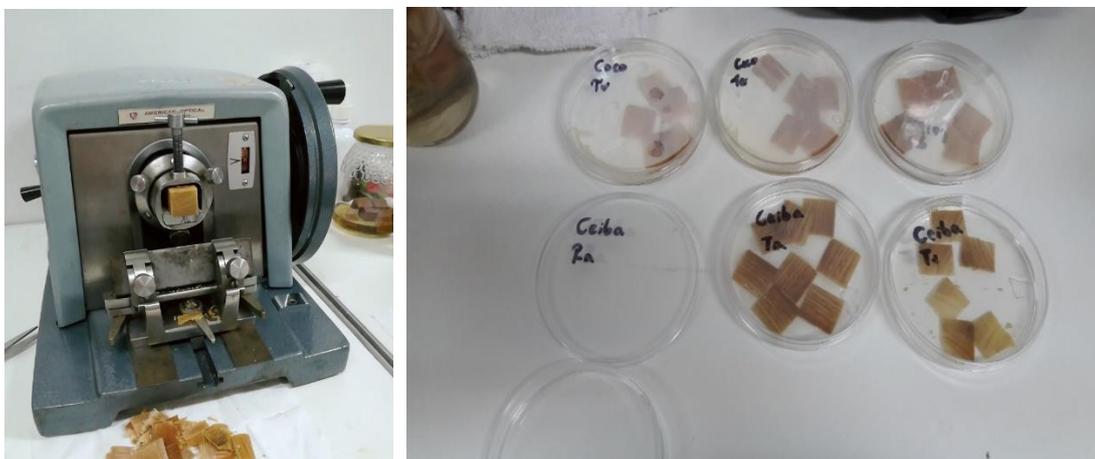
Anexo 17. Árbol en pie de *Virola sebifera* (Coco).



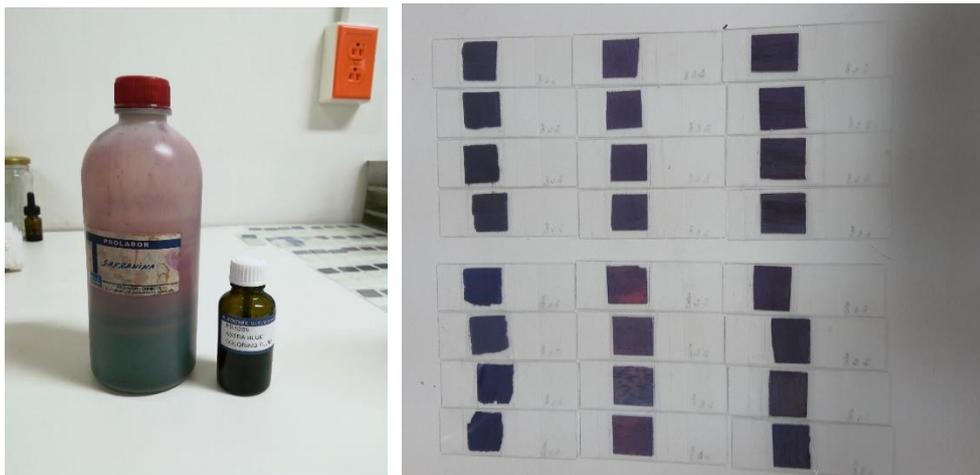
Anexo 18. Coordenadas de los árboles en estudio.

ÁRBOL	X	Y
1	699491,67	22146,62
2	699524,53	22134,07
3	699499,26	22113,99
4	699539,69	22106,46
5	699557,39	22068,81
6	699585,19	22031,16
7	699552,34	21993,5
8	699557,4	21968,4
9	699547,29	21943,3
10	699539,71	21905,64
11	699506,86	21898,11
12	699554,88	21845,4
13	699544,78	21807,74
14	699567,53	21785,16
15	699542,26	21744,99
16	699565,01	21707,34

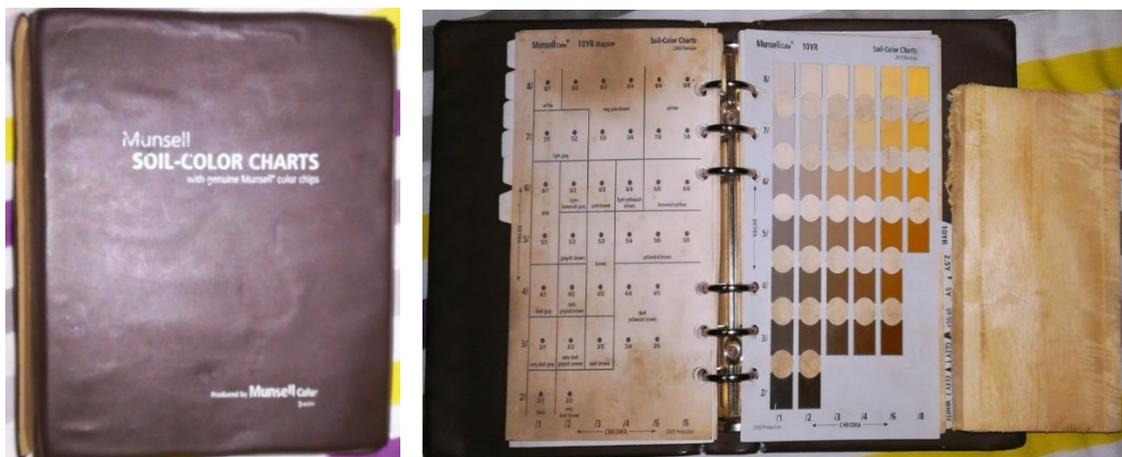
Anexo 19. Recolección y preparación de las muestras dendrológicas para la herborización.**Anexo 20.** Cortes de la madera en el aserradero.

Anexo 21. Identificación de las muestras herborizadas en el herbario de la ESPOCH.**Anexo 22.** Ablandamiento de las maderas en la autoclave.**Anexo 23.** Corte de las láminas de madera en el micrótom.

Anexo 24. Preparación del tinte y tinturación de las láminas de madera.



Anexo 25. Tabla de Munsell.



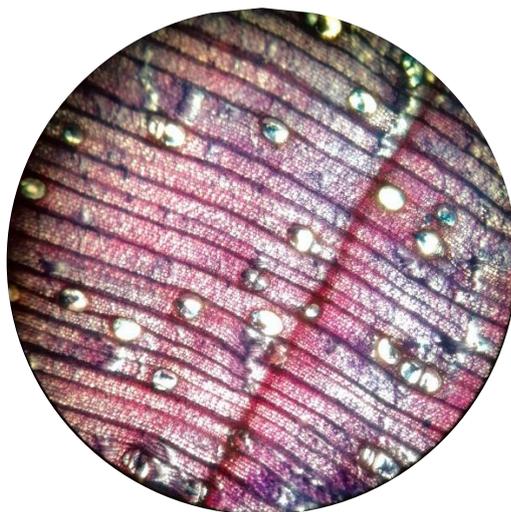
Anexo 26. Muestras de 30 cm para la xiloteca de a. *Virola sebifera* (Coco) b. *Inga coruscans* (Guaba) c. *Ceiba pentandra* (Ceibo) d. *Hyeronima alchorneoides* (Motilón).



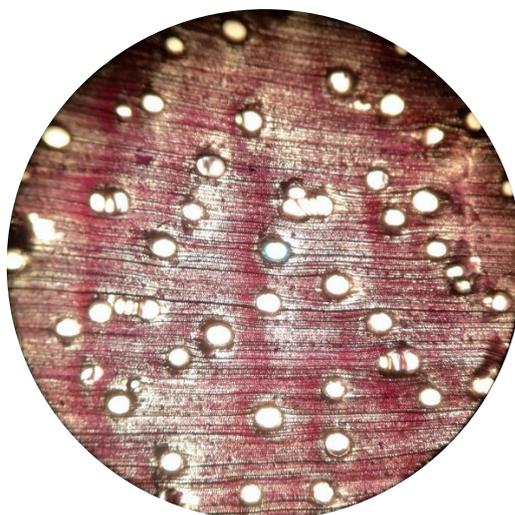
Anexo 27. Muestras de 15*9*2 cm para la xiloteca a. *Inga coruscans* (Guaba) b. *Ceiba pentandra* (Ceibo) c. *Virola sebifera* (Coco) d. *Hyeronima alchorneoides* (Motilón).



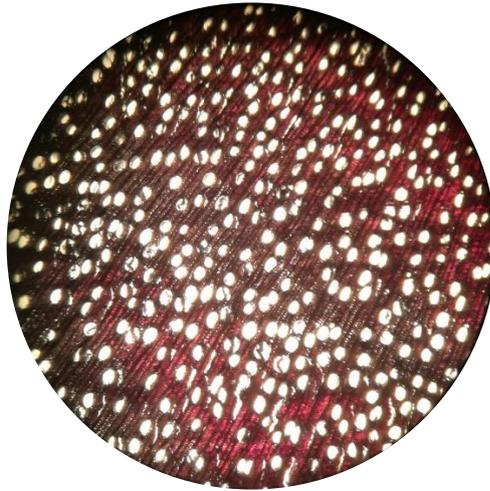
Anexo 28. Corte transversal de *Ceiba pentandra* (Ceibo) observada con lente de 4X.



Anexo 29. Corte transversal de *Inga coruscans* (Guaba), observada con lente de 4X.



Anexo 30. Corte transversal de *Hieronima alchorneoides* (Motilón). observada con lente de 4X.



Anexo 31. Corte transversal de *Virola sebifera* (Coco). observada con lente de 4X.



Anexo 32. Permiso de investigación otorgado por el Ministerio del Ambiente de Pichincha.



MINISTERIO DEL AMBIENTE
DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE PICHINCHA



AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
Nº 007 – 2019 - IC –FLO - DPAPCH - MA Quito, 12 de junio de 2019

El Ministerio del Ambiente, en uso de las atribuciones que le confiere el Código Orgánico Ambiental, autoriza a: Ing. Norma Lara Vásconez, con C.C. No. 0602740474, Directora de la Escuela de Ingeniería Forestal, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - ESPOCH, y a Holger Gregorio Vera Mendoza, estudiante de la ESPOCH, con C.C: 172573345-3, para que lleven a cabo la investigación titulada "Caracterización anatómica de cuatro especies forestales comerciales del noroccidente de Pichincha, cantón Puerto Quito". De acuerdo a las siguientes especificaciones:

1. Solicitud de autorización de extracción e investigación de: Norma Lara Vásconez, mediante oficio No. 226, recibido el 22 de abril 2019, entrega de información complementaria, mediante oficio No. 268 del 23 de mayo de 2019.
 2. Valoración técnica del proyecto: Ing. Diego Morillo G.
 3. Contraparte del Ministerio del Ambiente: Dirección Provincial del Ambiente Pichincha, Unidad de Patrimonio Natural.
 4. Complementos autorizados de la investigación: toma de muestras de flora silvestre, (una muestra arborizada por especie en estudio, total 4 especies forestales).
 5. Duración: desde 12 de junio 2019, hasta 11 de junio de 2020, de acuerdo al cronograma de trabajo establecido.
6. Obligaciones de los investigadores:
- ENTREGAR UNA COPIA IMPRESA (EN AMBAS CARAS) Y UNA COPIA EN FORMATO DIGITAL, DE LOS RESULTADOS FINALES DE LA INVESTIGACION, EN CASTELLANO, A ESTA CARTERA DE ESTADO, INCLUYENDO LA LOCALIZACION EXACTA (COORDENADAS UTM) DE LOS ESPECIMENES COLECTADOS Y OBSERVADOS, COPIA DE LAS FOTOGRAFIAS, GRABACIONES Y OTROS DOCUMENTOS PRODUCTO DE LA MISMA.
 - EL PLAZO DE ENTREGA DEL INFORME FINAL, VENCE EL 11 DE JUNIO DE 2020.
 - ENTREGAR TODAS LAS COLECCIONES PRODUCTO DE LA INVESTIGACION A UN HERBARIO AUTORIZADO POR EL MINISTERIO DEL AMBIENTE.

Del cumplimiento de las obligaciones dispuestas en el párrafo anterior se responsabiliza a Norma Lara Vásconez y Holger Gregorio Vera.

Atentamente,

Evelin Chaves
Abg. Evelin Chaves Montenegro

DIRECTORA PROVINCIAL DEL AMBIENTE PICHINCHA





MINISTERIO DEL AMBIENTE



OBSERVACIONES SOBRE AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Nº 007 – 2019 -IC – FLO – DPAPCH - MA

- Se autoriza la investigación en la provincia de Pichincha, en el cantón Puerto Quito, recinto Unión Cariamanga.
- El equipo de investigadores principales está conformado por: Norma Lara Vásconez y Holger Gregorio Vera.
- En caso de involucrarse propiedades particulares, el investigador deberá obtener el permiso correspondiente de los propietarios.
- Los resultados de la investigación deberán ser entregados al Ministerio del Ambiente, conforme al Art. del 5 al 19 del Libro IV, Título II del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente), así como también el registro de la localización exacta de las muestras colectadas, fotografías, informe parcial y/o final y todos los productos resultado de la investigación, tanto en formato físico como digital.
- Se autoriza la toma de muestras de flora silvestre, (una muestra arborizada por especie en estudio, total 4 especies forestales), con el objetivo de caracterizar anatómicamente cuatro especies forestales comerciales del noroccidente de Pichincha.
- Se autoriza el uso de los equipos y materiales siguientes: motosierra, machete, tijeras, prensa de madera, hipsómetro, forcípula.
- En caso de prórroga, se solicitará quince días antes de la fecha de vencimiento que indica este documento.
- En caso de que la investigación produzca informes parciales, estos deberán estar contemplados en el informe final tanto en formato impreso como digital.
- Para la movilización de todas las muestras colectadas, mediante esta autorización, los investigadores deberán contar con las respectivas órdenes de movilización, emitidas por la Dirección Provincial del Ambiente de Pichincha.
- Ningún espécimen o muestra producto de esta investigación podrá ser utilizado para uso comercial o como material para manejo *insitu / exsitu*.
- Las muestras colectadas no podrán ser utilizados para cualquier actividad de bioprospección y biopiratería.
- Las muestras colectadas de los especímenes, no podrán ser utilizados para el acceso a recursos genéticos.

TODO USO INDEBIDO DE ESTA AUTORIZACIÓN, ASÍ COMO EL INCUMPLIMIENTO DE LOS ASPECTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS O TÉCNICOS ESTABLECIDOS EN LA MISMA, SERÁN SANCIONADOS CONFORME AL CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL; Y AL TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.

La tasa por concepto de emisión de autorización es de: USD\$ 20 (veinte dólares), depositada en la cuenta 0010000785 del BanEcuador, factura No. 001-002-69782.

ECH/JV/DM
12/06/2019

Anexo 33. Certificado otorgado por el Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



HERBARIO POLITECNICA CHIMBORAZO (CHEP)
 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO
 Panamericana sur Km 1, fono: (03) 2 998-200 ext. 700123, jcaranqui@yahoo.com
 Riobamba Ecuador

Ofc.No.052.CHEP.2019

Riobamba, 20 de junio del 2019

Abg. Evelin Chaves. M.

DIRECTORA PROVINCIAL PICHINCHA "MAE"

De mis consideracion:

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente Certifico que el señor Vera Mendoza Holger Gregorio con CI: 172573345-3, Tesista de Ingeniería Forestal, entregó 4 muestras botánicas fértiles (listado), para ser identificadas, comparando con muestras de la colección y verificación de nombres en el catálogo de plantas Vasculares del Ecuador; según autorización de Investigación No 007-2019-IC-FLO-DPACH-MA. Las muestras fértiles serán ingresadas y procesadas en el herbario en un tiempo determinado, y las infértiles serán archivadas un año y después de esto descartadas para los fines pertinentes:

FAMILIA	ESPECIE	ESTADO
PHYLLANTHACEAE	<i>Hyeronima alchomeoides</i> Fr. Allen.	Fertil
MALVACEAE	<i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn	Infertil
FABACEAE	<i>Inga coruscans</i> Humb & Bonpl. Ex Willd	Fertil
MYRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i> Aubl	Fertil

Me despido

Atentamente




 Ing. Jorge Caranqui
 BOTANICO
 HERBARIO ESPOCH

CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN

El espécimen examinado corresponde a:

Ceiba pentandra (L.) Gaertn.

- Clase: Equisetopsida C. Agardh
- Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.
- Superorden: Rosanae Takht.
- Orden: Malvales Juss.
- Familia: Malvaceae Juss.
- Género: *Ceiba* Mill.
- Especie: *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.
- Nombre común: ceibo



Álvaro J. Pérez



Curador de Angiospermas Herbario QCA

CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN

El espécimen examinado corresponde a:

Virola sebifera Aubl.

- Clase: Equisetopsida C. Agardh
- Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.
- Superorden: Magnolianaes Takht.
- Orden: Magnoliales Bromhead
- Familia: Myristicaceae R. Br.
- Género: *Virola* Aubl.
- Especie: *Virola sebifera* Aubl.
- Nombre común: coco



Álvaro J. Pérez

Curador de Angiospermas Herbario QCA

