



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**ANATOMÍA DE LA MADERA DE *Clethra hartwegii* Britton
(Clethraceae) EN LA VERTIENTE SUR-OESTE DEL
NEVADO DE TOLUCA.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**



**PRESENTA:
OLVERA MÁRQUEZ MIGUEL ANGEL**

DIRECTORA: DRA. SILVIA AGUILAR RODRÍGUEZ

**SINODALES: DR. JOSE DANIEL TEJERO DÍEZ
MTRA. DALIA GREGO VALENCIA
MTRA. LILIANA ELIZABETH RUBIO LICONA
MTRO. ARTURO ROMERO SANTAMARÍNA**

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO

2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a la directora de esta tesis, Dra. Silvia Aguilar Rodríguez, por su interminable acompañamiento en la realización de este proyecto, gracias por sus consejos, enseñanzas y mayormente por su paciencia. Ha sido un camino largo, pero con la ayuda de su experiencia, hemos podido concluir satisfactoriamente este capítulo profesional, muchas gracias por brindarme su apoyo.

Quiero agradecer con mención especial a la M. en C. Dalia Grego Valencia por su asesoramiento en las técnicas de laboratorio y al Dr. José Daniel Tejero Diez por su orientación en la identificación y recolección de especies, gracias a ambos por su dedicación, sobre todo gracias por que a través de sus cátedras inculcan el amor por la ciencia a las nuevas generaciones.

De igual manera quiero agradecer a la M. en C. Liliana Elizabeth Rubio Licona por compartir sus conocimientos y guiarme en la ejecución de los análisis estadísticos, gracias por sus sugerencias y por su valioso tiempo. También gracias al maestro Arturo Romero Santamaría, por su apoyo en la realización de los mapas y por sus consejos y observaciones realizadas para el mejoramiento de este proyecto

Gracias al Laboratorio de “Botánica” en la Unidad de Morfo-fisiología y Función (UMF) de la FES Iztacala, por facilitarme instalaciones, equipo y material, gracias al personal del laboratorio que siempre estuvo al pendiente de cubrir las necesidades que el proyecto requería.

Por ultimo quiero agradecer a mi familia que siempre ha creído en mi potencial y que me sirve de inspiración en los momentos de adversidad. Gracias a mi madre que ha hecho hasta lo imposible para darnos la oportunidad de superarnos y salir adelante, gracias a ella y a mi tía Mayte, las cuales me ha brindado todo su amor desde siempre. Gracias a mis hermanos Luis y Nuria, mis personas favoritas en el mundo. Gracias a mi padre. Gracias a Dios que siempre me ha acompañado, que me ha llenado de bendiciones y que me permitió llegar hasta aquí.

ÍNDICE	
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
ANTECEDENTES	8
OBJETIVO	9
I. REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS ANATÓMICOS DE LA MADERA DE <i>Clethra</i>	10
MATERIALES Y MÉTODOS	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
CONCLUSIONES	22
II. VARIACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE <i>Clethra hartwegii</i>	23
MATERIALES Y MÉTODOS	23
RESULTADOS.....	27
DISCUSIÓN.....	38
CONCLUSIONES	41
LITERATURA CITADA	42

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. ESPECIES DEL GÉNERO <i>CLETHRA</i> QUE CUENTAN CON ESTUDIOS DE ANATOMÍA DE MADERA Y PAÍS DE ORIGEN DE LAS COLECTAS.....	10
CUADRO 2. TAMAÑO EN METROS Y FORMA DE VIDA	12
CUADRO 3. DESCRIPCIÓN DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO REPORTADOS PARA CINCO ESPECIES DE <i>CLETHRA</i>	13
CUADRO 4. CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LOS VASOS EN MADERA DE LAS ESPECIES DE <i>CLETHRA</i>	15
CUADRO 5. CARACTERES DE LAS FIBRAS EN <i>CLETHRA</i>	18
CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS DE LOS RADIOS Y EL PARÉNQUIMA AXIAL EN ESPECIES DE <i>CLETHRA</i>	20
CUADRO 7. DATOS DE COLECTA POR INDIVIDUO.	25
CUADRO 8. PROMEDIOS TOTALES DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y ANATÓMICAS DE NUEVE INDIVIDUOS DE <i>C. HARTWEGII</i>	28
CUADRO 9. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE CARACTERES CUANTITATIVOS DE LA MADERA DE <i>C. HARTWEGII</i> OBTENIDOS EN LAS TRES LOCALIDADES.....	33

CUADRO 10. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS Y MORFOLÓGICAS DE <i>C. HARTWEGII</i>	37
CUADRO 11. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LOS CARACTERES ANATÓMICOS CUANTITATIVOS DE LA MADERA DE <i>C. HARTWEGII</i>	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE <i>CLETHRA HARTWEGII</i> EN MÉXICO.	7
FIGURA 2. LOCALIDADES DE ESTUDIO AL SUROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO.....	24
FIGURA 3. SECCIONES TRANSVERSALES DE LA MADERA DE <i>CLETHRA HARTWEGII</i>	29
FIGURA 4. SECCIONES TANGENCIALES DE LA MADERA DE <i>CLETHRA HARTWEGII</i>	30
FIGURA 5. SECCIONES RADIALES DE LA MADERA DE <i>CLETHRA HARTWEGII</i>	31
FIGURA 6. DISOCIADOS DE MADERA DE <i>CLETHRA HARTWEGII</i>	32
FIGURA 7. VALORES PROMEDIO PARA TRES CARACTERES ANATÓMICOS DE LA MADERA DE <i>CLETHRA HARTWEGII</i>	34
FIGURA 8. FENOGRAMA PARA LAS LOCALIDADES DE COLECTA DE LA MADERA DE <i>CLETHRA HARTWEGII</i>	36

ANATOMÍA DE LA MADERA DE *Clethra hartwegii* Britton (Clethraceae) EN LA
VERTIENTE SUR-OESTE DEL NEVADO DE TOLUCA.

RESUMEN

Clethra L. es un género compuesto principalmente de especies arborescentes, ampliamente distribuido en todo el mundo, en México se concentra el mayor número de especies. La hibridación, común en este género, es fuente de variación, lo cual resulta interesante desde un aspecto taxonómico, ecológico y utilitario de su madera; de este último aspecto, en nuestro país, los estudios acerca de la variación intraespecífica de la madera son limitados.

El siguiente trabajo se divide en dos secciones:

- I. REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS ANATÓMICOS DE LA MADERA DE *Clethra*. Este apartado se enfoca en la recopilación bibliográfica y su análisis. La revisión bibliográfica sugiere que algunos de los caracteres podrían ayudar en la separación de especies o grupos, como en el caso de *C. pringlei*, *C. fimbriata* y *C. mexicana*.
- II. VARIACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE *C. hartwegii*. Aquí se aborda la anatomía de la madera de *C. hartwegii*, la cual no cuenta con estudios anatómicos. Los resultados indican que la madera de *C. hartwegii* posee la anatomía típica del género; además, el análisis estadístico permitió diferenciar dos grupos entre las poblaciones estudiadas, los cuales se encuentran relacionados con el tamaño del individuo y con las condiciones micro-climáticas.

INTRODUCCIÓN

Clethra L. Es el único género de la familia Clethraceae. Se encuentra ampliamente distribuido en regiones tropicales y templadas de ambos hemisferios. Se calcula un número aproximado de 120 especies, donde al menos 25-30 están en México, de las cuales, más de la mitad son endémicas (González-Villarreal, 1998, 2006, 2018; Morales, 2018; Villaseñor, 2016). Los atributos de la madera de *Clethra* son uniformes y desde el punto de vista evolutivo presenta características que se consideran retenidas (Carlquist y Schneider 2004; González-Villarreal, 1996; Giebel y Dickison, 1976). Sin embargo, existen evidencias que han señalado diferencias en los caracteres cuantitativos de diferentes taxa como en *Buddleja cordata* Kunth y *Quercus obtusata* Bonpl., entre otros; en estos casos los estudios se han dirigido hacia aspectos hidráulicos, ecológicos y de uso (Aguilar-Rodríguez et al., 2000; Chávez-Romero et al., 2010; Hajek et al., 2016; Terrazas et al., 2008). En este último rubro la madera del género parece no tener aplicaciones industriales (Kuntze, 2014); no obstante, diversos reportes registran que algunas de sus especies se emplean artesanalmente para la fabricación de muebles rústicos, construcciones rurales, arado, producción de carbón y elaboración de utensilios personales y de cocina como bateas, molinillos, collares, gargantillas, pulseras y cucharas; todo ello a nivel local (Ortega y Castillo, 1996).

Clethra hartwegii Britton, comúnmente conocido como “jaboncillo” pertenece a la Serie Tomentosae. Es un árbol o arbusto perennifolio de 5 a 10(30) m de altura y con 15 a 30(80) cm de diámetro, corteza grisácea, profundamente fisurada y corchosa en individuos maduros. Es común en bosques de *Abies*, *Pinus-Quercus* y mesófilo de montaña; en altitudes que van desde los 1800 hasta los 2800 m s.n.m. Se distribuye en 13 estados, principalmente hacia la

vertiente occidental del país (Figura 1) (CONABIO, 2019; Valencia-Avalos, 2010; Villaseñor, 2016).



Figura 1. Distribución de *Clethra hartwegii* en México.

Clethra hartwegii ha sido confundida frecuentemente con *C. mexicana*, por la forma de sus inflorescencias en racimo; en el Estado de México se tiene registro de ejemplares con características intermedias (González-Villarreal, 1996). La hibridación es común en este género, principalmente en aquellas especies que habitan en simpatría, esto a su vez propicia la diversidad del acervo genético y genera una gran variación de fenotipos (Bárcena, 1981; López-Upton et al., 2001; Morales-Nieto, et al., 2021), tal como ocurre en otras familias como Fagaceae (Núñez-Castillo et al., 2011). Para el género *Clethra* solo se tiene registro de estudios de hibridación en condiciones controladas (Reed et al., 2002; Reed, 2005).

La posible variación intraespecífica de una especie leñosa, resulta interesante desde un aspecto taxonómico, ecológico y utilitario de su madera (Chave et al., 2009; Monteoliva e

Igartúa, 2010). En este último rubro, es de notar que la población rural de los países en desarrollo está íntimamente relacionada con los recursos que provee el ambiente (Ortega y Castillo, 1996); la madera es el producto que más se extrae del bosque y cumple un papel dominante debido a la amplia variedad de servicios que se derivan de ésta (Díaz-Silva 2010). No obstante, para garantizar la sustentabilidad de los bosques, es necesario realizar un óptimo aprovechamiento del recurso (Armijos-Montaña et al., 2017). El conocimiento de las características anatómicas de la madera, puede conllevar a un uso eficiente de la misma, al analizar y relacionar sus cualidades con las aplicaciones a las cuales la comunidad las destina. En el estudio de la variación intraespecífica se sugiere tomar en cuenta el lugar de procedencia, debido a que las condiciones ambientales influyen en el comportamiento de las células (Chávez-Romero et al., 2010). En México, ese tipo de estudios se han llevado a cabo en pocas especies con diferentes objetivos (Aguilar-Rodríguez et al., 2006; Chávez–Romero et al., 2010; Durán-Guerra et al., 2014; Quintanar-Isaías et al., 2012); en ellos se ha observado que en cada especie existe variación en sus elementos celulares dependiendo de las condiciones climáticas, y/o de la talla de los individuos. Con base en lo expuesto, en este trabajo se dan a conocer por primera vez los caracteres de la madera de *Clethra hartwegii* y se evalúa la existencia de posibles contrastes en tres poblaciones de la vertiente sur-oeste del Nevado de Toluca.

ANTEDECENTES

Existen diversos estudios acerca de la variabilidad interespecífica en la anatomía de la madera, pero los realizados a nivel intraespecífico son escasos (Arias y Terrazas 2001; Galindo-Segura et al., 2020; Monteoliva e Igartúa, 2010). De los trabajos referidos a *Clethra*, Giebel y Dickison (1976) realizaron el estudio anatómico de la madera de 16 especies, donde incluyen a *C. mexicana* DC., *C. oleoides* L.O. Williams y *C. suaveolens* Turcz. de México;

además, *C. pringlei* S. Watson (Aguilar-Alcántara et al., 2014) y *C. mexicana* (Aguilar-Rodríguez et al., 2000; Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías, 1994) han sido estudiadas anatómicamente. Debido a la complejidad taxonómica del género (posible hibridación de especies) y a su amplia distribución en los bosques templados de México, *C. hartwegii*, es una especie que cobra importancia en la ciencia forestal y en la botánica sistemática.

Este trabajo se divide en dos secciones; la primera (I. REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS ANATÓMICOS DE LA MADERA DE *Clethra*), se enfoca en la recopilación bibliográfica y su análisis. Esto es con la finalidad de señalar el nivel de trabajo y lo que falta por hacer en el estudio anatómico de la madera de este género en el país. En la segunda sección (II. VARIACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE *C. hartwegii*), se aborda el estudio anatómico de la madera de *C. hartwegii*. Con ello se pretende aportar información adicional de esta especie, cuya madera no se ha registrado con estudios anatómicos.

OBJETIVO

Contribuir al conocimiento de las características anatómicas de la madera de *Clethra* (Clethraceae), mediante el estudio de la variación de sus caracteres en poblaciones de *C. hartwegii*.

I. REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS ANATÓMICOS DE LA MADERA DE *Clethra*

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo la compilación de trabajos que presentaron información acerca de las características anatómicas de la madera de especies del género *Clethra*. En una base de datos elaborada en Excel, 2018, se incorporaron las características cuantitativas y cualitativas de la madera de las especies registradas, así como los datos de procedencia cuando estos se reportaron. Se corroboraron los nombres científicos con ayuda del sitio web IPNI 2023

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en la información obtenida se generaron 55 registros, que incluyen información de 26 especies descritas, cuatro variedades y una sin identificar (Cuadro 1), las cuales representan cerca del 23% de las estimadas para el mundo. *C. mexicana* y *C. barbinervis* son las especies más mencionadas, con 6 y 4 registros respectivamente; en México la madera de *C. mexicana* es la más estudiada.

Cuadro 1. Especies del género *Clethra* que cuentan con estudios de anatomía de madera y país de origen de las colectas.

Especie	Origen	No. de registros
<i>C. acuminata</i> Michx.	USA	2 ^{6,7}
<i>C. alexandri</i> Griseb.	Jamaica	1 ⁶
<i>C. alnifolia</i> L.	USA	3 ^{6,7,9}
<i>C. arborea</i> Aiton.	Madeira/Utrecht	2 ^{6,9}
<i>C. barbinervis</i> Siebold & Zucc.	Japón	4 ^{4,6,8,9}
<i>C. bodineri</i> H. Lév.	China	1 ⁶
<i>C. canescens</i> Herb.Reinw. ex Blume	China	4 ^{6,9}
<i>C. canescens</i> var. <i>clementis</i> (Merr.) Sleumer	Borneo Británico	1 ⁶
<i>C. canescens</i> var. <i>luzonica</i> (Merr.) Sleumer	Filipinas	1 ⁶
<i>C. canescens</i> var. <i>novoguineensis</i> (Kaneh. & Hatus.) Sleumer	Filipinas	2 ⁶

Cuadro 1. Continuación...

Especie	Origen	No. de registros
<i>C. cubensis</i> A.Rich.	Cuba	2 ^{6,9}
<i>C. cuneata</i> Rusby.	Bolivia	1 ⁶
<i>C. delavayi</i> Franch.	China	2 ⁶
<i>C. fabri</i> Hance.	China	2 ⁶
<i>C. fagifolia</i> Kunth.	Colombia/Venezuela	1 ⁶
<i>C. fagifolia</i> var. <i>bicolor</i> (Kunth) Sleumer	Colombia/Venezuela	1 ⁸
<i>C. fargessi</i> Franch.	China	1 ⁶
<i>C. fimbriata</i> Kunth	Ecuador/Colombia/Bolivia	4 ^{5,6,9,14}
<i>C. kaipoensis</i> H. Lév.	China	1 ⁶
<i>C. mexicana</i> DC.	México	6 ^{2,3,6,9,12,13}
<i>C. occidentalis</i> Kuntze.	Belice/Honduras/Guatemala	1 ⁹
<i>C. oleoides</i> L.O.Williams	México	1 ⁹
<i>C. ovalifolia</i> Turcz.	Ecuador	1 ⁹
<i>C. pachyphylla</i> Merr.	Borneo Británico	1 ⁹
<i>C. pringlei</i> S.Watson.	México	1 ¹
<i>C. revoluta</i> Ruiz & Pav.	Ecuador	1 ¹¹
<i>C. rugosa</i> Steyerem.	Colombia	1 ⁹
<i>C. scabra</i> Pers.	Brasil/Bolivia	3 ^{6,9}
<i>C. suaveolens</i> Turcz.	México	1 ⁹
<i>C. sumatrana</i> J.J. Sm.	Indonesia	1 ⁹
<i>Clethra</i> sp.	México	1 ⁹

¹Aguilar-Alcántara et al. (2014); ²Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales (2005); ³Aguilar-Rodríguez et al. (2000); ⁴Aiso et al. (2017); ⁵Armijos-Montaña et al. (2017); ⁶Boole (1951); ⁷Christman y Sperry. (2010); ⁸Fujiwara et al. (1991); ⁹Giebel y Dickison. (1976); ¹⁰Grande-Pulido y Polanco-Tapia. (2007); ¹¹MAE y FAO (2014); ¹²Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías (1994); ¹³Quintanar-Isaías et al. (1998); ¹⁴Quintero-Gómez y Amado-Araiza (2017).

Características Morfológicas. (Cuadro 2). Los DAP (Diámetro a altura del Pecho)

reportados fluctúan entre los 20 cm en *C. pringlei* (Aguilar-Alcántara et al., 2014) hasta 50 cm en *C. mexicana* (Ortega et al., 1989). Sin embargo, solo el 24 % de los estudios consultados proveen información acerca del DAP; algo similar ocurre con la altura, la cual solo se reporta en el 29% del total de los trabajos consultados. Desde una perspectiva industrial el diámetro del fuste es importante debido a que determina el uso de la madera y el rendimiento en la transformación de esta (Vignote et al., 2011). Asimismo, otros factores, como la eficiencia en la arquitectura hidráulica, también queda sujeta al tamaño del árbol

(Altura y DAP; Fichtler y Worbes, 2012). La forma de crecimiento se reporta en 47% de los estudios anatómicos, predominando los árboles (Ortega et al., 1989; Quintanar-Isaías et al., 1998; Aguilar-Rodríguez et al., 2000; Aguilar-Alcántara et al., 2014; MAE y FAO, 2014; Armijos-Montaña et al., 2017); solo *C. barbinervis* se reconoce como arbusto en el archipiélago de Japón (Aiso et al., 2017).

Cuadro 2. Tamaño en metros y forma de vida. DAP= Diámetro a la altura del pecho.

	DAP (cm)	Altura (m)	Forma de vida
<i>C. barbinervis</i>	-	-	Arbusto ²
<i>C. fimbriata</i>	25	15	Árbol ⁷
<i>C. mexicana</i>	25	6	Árbol ⁴
<i>C. mexicana</i>	hasta 50	hasta 30	Árbol ¹
<i>C. mexicana</i>	25	8 a 10	Árbol ³
<i>C. pringlei</i>	20	5	Árbol ⁵
<i>C. revoluta</i>	-	-	Árbol ⁶

¹Aguilar-Rodríguez et al. (2000); ²Aiso et al. (2017); ³Quintanar-Isaías et al. (1998); ⁴Aguilar-Rodríguez et al. (2000); ⁵Aguilar-Alcántara et al. (2014); ⁶MAE y FAO (2014); ⁷Armijos-Montaña et al. (2017).

Características Anatómicas

Anillos de crecimiento: (Cuadro 3). Los anillos se reconocen como inconspicuos o poco evidentes en tres de ellas, mientras que para *C. mexicana* y *C. pringlei* (Aguilar-Alcántara et al., 2014; Grande-Pulido y Polanco-Tapia, 2007) se registran con anillos de crecimiento evidentes; sin embargo, solo en el caso de *C. pringlei* se especifican sus características, en donde se detalla para la madera tardía una banda angosta de 2-4 hileras de fibras con las paredes gruesas y comprimidas radialmente. (Aguilar-Alcántara et al., 2014). También en *C. mexicana* se reportan como inconspicuos, a pesar de esto se identifican fibras que forman 3-5 hileras, cuyas paredes muestran un ligero engrosamiento en los anillos de la madera tardía (Aguilar-Rodríguez et al., 2000). Los anillos de crecimiento son importantes para la industria forestal ya que a través de ellos se puede estimar la edad de los árboles y de esta manera determinar los ciclos de corta y el tiempo para renovar una masa forestal. Desde el punto de vista ecológico los anillos son una fuente de información fenológica, es decir, indican eventos ambientales y la respuesta de los individuos a la dinámica del clima (Camarero et al., 1997; Moglia et al., 2010).

Cuadro 3. Descripción de los anillos de crecimiento reportados para cinco especies de *Clethra*.

	Anillos de crecimiento	Características
<i>C. fimbriata</i> ³	inconspicuos	
<i>C. mexicana</i> ⁴	conspicuos	Visibles a simple vista
<i>C. mexicana</i> ²	inconspicuos	Ligero engrosamiento de la pared, de 3 a 5 hileras de fibras
<i>C. pringlei</i> ¹	Conspicuos	Banda angosta de 2-4 hileras de fibras con las paredes gruesas y comprimidas radialmente en la madera tardía
<i>C. revoluta</i> ⁵	inconspicuos	

¹Aguilar-Alcántara et al. (2014); ²Aguilar-Rodríguez et al. (2000); ³Armijos-Montaño et al. (2017); ⁴Grande-Pulido y Polanco-Tapia (2007); ⁵MAE y FAO (2014).

Vasos: (Cuadro 4). *C. mexicana* es la única especie con porosidad semianular (Grande-Pulido y Polanco-Tapia, 2007). Con respecto al diámetro de los vasos, se reportan valores que van desde 26 μm en *C. fimbriata* (Giebel y Dickison, 1976), hasta 95 μm en *C. mexicana* (Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías, 1994). Predominan principalmente los vasos solitarios, escasos múltiples en filas radiales o en bandas tangenciales y muy pocos arreglados en racimos; característica que se extiende a lo largo del género. La longitud de los elementos de vaso fluctúa desde los 478 μm en *C. alexandri* (Boole, 1951), hasta los 1469 μm en *C. fagifolia* var. *bicolor* (Giebel y Dickison, 1976). El número de vasos por milímetro cuadrado (mm^2) fluctuó entre 13 y 186/ mm^2 . Este valor es muy variable entre especies y de igual manera dentro de la misma especie; por ejemplo, *C. fimbriata* es la que mostró el valor más alto de 186/ mm^2 (Giebel y Dickison, 1979); mientras que en *C. mexicana* los valores variaron entre 13 a 94 / mm^2 (Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías, 1994; Quintanar-Isaías et al. 1998), estos datos muestran que puede existir variación de caracteres a nivel intraespecífico. La placa de perforación es escalariforme en todos los casos, exceptuando a *C. revoluta* (MAE y FAO, 2014) y *C. alnifolia* (Christman y Sperry, 2010), en las cuales se reportan como simples; el número de barras de la placa de perforación se describe con un valor mínimo en *C. mexicana* (25-35 barras; Aguilar-Rodríguez et al., 2000) y uno máximo en *C. bodineri* (con 91 barras; Boole, 1951). Cuatro estudios reportan punteaduras areoladas en *C. mexicana* (Grande-Pulido y Polanco-Tapia 2007; Ortega et al., 1989) y *C. pringlei* (Aguilar-Alcántara et al., 2014); los demás estudios no aportan información al respecto.

Cuadro 4. Características anatómicas de los vasos en madera de las especies de *Clethra*. DV= diámetro de los vasos; LEV= longitud de elementos de vaso; NV/mm²= número de vasos por mm²; PP= placa de perforación; BPP= número de barras de la placa de perforación; Dif= difusa Es= escalariforme; Op= opuesta; Sa= semianular; Si= simple; PI= punteaduras intervasculares: Num= numerosos; Med= mediana; Ae= aerolada; - = sin datos.

	DV (µm)	LEV (µm)	NV/mm ²	PP	BPP	Porosidad	PI
<i>C. acuminata</i> ⁶	-	-	-	Es	56.5	-	-
<i>C. acuminata</i> ⁷	40	723	-	-	59	-	-
<i>C. alexandri</i> ⁶	30	478	-	-	44	-	-
<i>C. alnifolia</i> ⁶	-	-	-	Si	-	-	-
<i>C. alnifolia</i> ⁷	32	877	120	-	56	-	-
<i>C. alnifolia</i> ⁹	38	647	-	-	58	-	-
<i>C. arborea</i> ⁶	37	947	98	-	36	-	-
<i>C. arborea</i> ⁹	39	645	-	-	55	-	-
<i>C. barbinervis</i> ⁴	63	1110	33	-	72	-	-
<i>C. barbinervis</i> ⁶	-	-	-	-	-	Dif	-
<i>C. barbinervis</i> ⁸	-	-	27/48	-	-	-	-
<i>C. barbinervis</i> ⁹	33	592	-	-	54	-	-
<i>C. bodineri</i> ⁶	40	989	-	-	91	-	-
<i>C. canescens</i> ⁶	43	665	-	-	56	-	-
<i>C. canescens</i> var. <i>clementis</i> ⁹	55	988	42	-	40	-	-
<i>C. canescens</i> var. <i>luzonica</i> ⁹	45	1223	53	-	50	-	-
<i>C. canescens</i> var. <i>novoguineensis</i> ⁶	44	695	-	-	49	-	-
<i>C. canescens</i> var. <i>novoguineensis</i> ⁹	50	1247	40	-	49	-	-
<i>C. cubensis</i> ⁶	47	1448	62	-	72	-	-
<i>C. cubensis</i> ⁹	40	875	-	-	53	-	-
<i>C. cuneata</i> ⁶	36	682	-	-	45	-	-

Cuadro 4. Continuación...

	DV (μm)	LEV (μm)	NV/ mm^2	PP	BPP	Porosidad	PI
<i>C. delavayi</i> ⁶	38	705	-	-	67	-	-
<i>C. delavayi</i> ⁶	71	807	-	-	59	-	-
<i>C. fabri</i> ⁶	41	956	-	-	72	-	-
<i>C. fagifolia</i> ⁶	46	595	-	-	42	-	-
<i>C. fagifolia</i> var. <i>bicolor</i> ⁹	66	1469	42	-	60	-	-
<i>C. fagifolia</i> var. <i>bicolor</i> ⁸	39	624	-	-	49	-	-
<i>C. fargessi</i> ⁶	40	592	-	-	51	-	-
<i>C. fimbriata</i> ⁵	-	-	-	-	-	Dif	-
<i>C. fimbriata</i> ⁶	38,17	1345,89	-	-	-	-	-
<i>C. fimbriata</i> ⁹	26	798	186	-	34	-	-
<i>C. fimbriata</i> ¹⁴	47	736	-	-	42	-	-
<i>C. kaipoensis</i> ⁶	44	805	-	-	67	-	-
<i>C. mexicana</i> ¹⁰		Med	Num	Es	escasas	Sa	Ae, Es
<i>C. mexicana</i> ²	49	1071	56	-	36	-	-
<i>C. mexicana</i> ³	85 \pm 8	1435 \pm 240	30	Es	25-35	Dif	-
<i>C. mexicana</i> ⁹	95 (62- 117)	1464 (1184- 2040)	13 (8-16)	Es	31 (24- 37)	Dif	Ae
<i>C. mexicana</i> ⁶	43	700	-	-	75	-	-
<i>C. mexicana</i> ¹²	51	622	56	-	-	-	-
<i>C. mexicana</i> ¹³	62	1281	94	Es	28	Dif	Op Ae, Si
<i>C. occidentalis</i> ⁹	48	1169	63	-	38	-	-

Cuadro 4. Continuación...

	DV (μm)	LEV (μm)	NV/ mm^2	PP	BPP	Porosidad	PI
<i>C. ovalifolia</i> ⁹	47	1311	36	-	51	-	-
<i>C. pachyphylla</i> ⁹	47	1305	44	-	56	-	-
<i>C. pringlei</i> ¹	38 \pm 4	1075	139	Es	escasas	Dif	Ae
<i>C. revoluta</i> ¹¹	50 a 100	-	40 a 100	Si	-	Dif	-
<i>C. rugosa</i> ⁹	46	1368	45	-	50	-	-
<i>C. scabra</i> ⁹	40	1082	81	-	39	-	-
<i>C. scabra</i> ⁶	38	576	-	-	39	-	-
<i>C. scabra</i> var. <i>laevigata</i> ⁹	34	789	184	-	29	-	-
<i>C. scabra</i> var. <i>venosa</i> ⁹	35	837	159	-	29	-	-
<i>C. suaveolens</i> ⁹	50	1194	57	-	41	-	-
<i>C. sumatrana</i> ⁹	50	1356	25	-	62	-	-
<i>Clethra</i> sp. ⁹	41	804	106	-	31	-	-

¹Aguilar-Alcántara et al. (2014); ²Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales (2005); ³Aguilar-Rodríguez et al. (2000); ⁴Aiso et al. (2017); ⁵Armijos-Montaña et al. (2017); ⁶Boole (1951); ⁷Christman y Sperry (2010); ⁸Fujiwara et al. (1991); ⁹Giebel y Dickison. (1976); ¹⁰Grande-Pulido y Polanco-Tapia (2007); ¹¹MAE y FAO (2014); ¹²Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías (1994); ¹³Quintanar-Isaías et al. (1998); ¹⁴Quintero-Gómez y Amado-Araiza (2017).

Fibras: (Cuadro 5). Se describen fibras libriformes en *C. mexicana* con pared medianamente gruesa, y fibrotraqueidas (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Grande-Pulido y Polanco-Tapia, 2007; Ortega et al., 1989). La longitud de las fibras oscila entre los 748 μm para *C. mexicana* (Quintanar-Isaías et al., 1998), hasta 2654 μm en la misma especie (Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías, 1994), considerándose en el intervalo de medianas a muy largas. El grosor de la pared de las fibras en *C. pringlei* es de 3 μm (Aguilar-Alcántara et al., 2014), mientras que en *C. mexicana* se registran fibras con un grosor de hasta 8 μm (Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías, 1994). El valor más bajo y más alto en el diámetro del lumen de las fibras

se reporta para *C. mexicana*; en este caso Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías (1994) registran valores de 21 μm , mientras que Ortega et al., (1989) reportan un valor promedio de 42 μm .

Cuadro 5. Caracteres de las fibras en *Clethra*. Ft= fibrotraqueidas; Lb=libriformes.

	Tipo de fibras	Longitud (μm)	Diámetro (μm)	Grosor de pared (μm)
<i>C. alnifolia</i> ⁴	Ft	1215	-	-
<i>C. arborea</i> ⁴	Ft	1288	-	-
<i>C. barbinervis</i> ⁴	Ft	1642	-	-
<i>C. barbinervis</i> ⁸	Ft	1310	-	3.06
<i>C. canescens</i> var. <i>clementis</i> ⁴	Ft	1476	-	-
<i>C. canescens</i> var. <i>luzonica</i> ⁴	Ft	1805	-	-
<i>C. canescens</i> var. <i>novoguineensis</i> ⁴	Ft	1597	-	-
<i>C. cubensis</i> ⁴	Ft	1961	-	-
<i>C. fagifolia</i> var. <i>bicolor</i> ⁴	Ft	2614	-	-
<i>C. fimbriata</i> ⁹	Ft	814.11	29.83	-
<i>C. fimbriata</i> ⁴	Ft	1042	-	-
<i>C. mexicana</i> ⁴	Ft	1680	-	-
<i>C. mexicana</i> ⁵	Lb	Mediana	-	medianamente gruesa
<i>C. mexicana</i> ⁴	Ft	1500	-	-
<i>C. mexicana</i> ²	Ft	2256 \pm 204	33 \pm 4.4	6
<i>C. mexicana</i> ⁷	Ft	2654 (2109-3081)	21 (14-22)	8

Cuadro 5. Continuación...

	Tipo de fibras	Longitud (μm)	Diámetro (μm)	Grosor de pared (μm)
<i>C. mexicana</i> ⁸	Ft	748	28	4.4
<i>C. occidentalis</i> ⁴	Ft	1843	-	-
<i>C. oleoides</i> ⁴	Ft	1379	-	-
<i>C. ovalifolia</i> ⁴	Ft	1829	-	-
<i>C. pachyphylla</i> ⁴	Ft	1993	-	-
<i>C. pringlei</i> ¹	Ft	1731 \pm 235	26 \pm 2	3 \pm 1
<i>C. revoluta</i> ⁶	Ft	2323	40.06	7.07
<i>C. rugosa</i> ⁴	Ft	2055	-	-
<i>C. scabra</i> ⁴	Ft	1525	-	-
<i>C. scabra</i> var. <i>laevigata</i> ⁴	Ft	1081	-	-
<i>C. scabra</i> var. <i>venosa</i> ⁴	Ft	1252	-	-
<i>C. suaveolens</i> ⁴	Ft	1991	-	-
<i>C. sumatrana</i> ⁴	Ft	2229	-	-
<i>Clethra</i> sp. ⁴	Ft	1204	-	-

¹Aguilar-Alcántara et al. (2014); ²Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales (2005); ³Aguilar-Rodríguez et al. (2000); ⁴Giebel y Dickison (1976); ⁵Grande-Pulido y Polanco-Tapia (2007); ⁶MAE y FAO (2014); ⁷Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías (1994); ⁸Quintanar-Isaías et al. (1998); ⁹Quintero-Gómez y Amado-Araiza (2017).

Radios y parénquima axial: (Cuadro 6). Aproximadamente 16% de los trabajos revisados presentan información acerca del tipo de radios, en todos los casos se reportan como heterogéneos. Predominan los radios multiseriados en todas las especies y combinados con uniseriados en *C. mexicana* y *C. pringlei* (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Alcántara et al., 2014; Grande-Pulido y Polanco-Tapia, 2007). El ancho de los radios se presenta en un intervalo que varía desde los 31 μm en *C. fimbriata* (Quintero-Gómez y

Amado-Araiza, 2017) hasta los 86 μm en *C. fagifolia* var. *bicolor*. (Giebel y Dickison 1976).

Se reporta que el parénquima axial es escaso en todos los casos consultados; sin embargo, este dato solo se presenta en 14% de las especies registradas. El parénquima axial, se reconoce como paratraqueal escaso en *C. fimbriata*, *C. pringlei* y *C. mexicana* (Aguilar-Alcántara et al., 2014; Quintero-Gómez y Amado-Araiza, 2017). En otros casos *C. mexicana* presenta parénquima apotraqueal abundante, en un arreglo difuso y en agregados, o difuso y vasicéntrico. (Aguilar-Rodríguez et al., 2000; Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías, 1994;). *C. revoluta* se reporta con parénquima apotraqueal difuso (MAE y FAO, 2014).

Cuadro 6. Características de los radios y el parénquima axial en especies de *Clethra*. Tipos de radios: Cu= cuadrados; Ht= heterogéneos; Pro= procumbentes; Ver= verticales. Seriación de radios: Mul= multiseriados; Uni= uniseriados; Dis= dispersos. Num= numerosos; Parénquima axial: Ab= abundante; Ag= en agregados; Ap= apotraqueal; Ban= en bandas; Dif= difuso; Esc= escaso; Pa= paratraqueal; Vas=vasicentrico.

	Tipo de Radios	Ancho de radios (μm)	Seriación de radios	Altura radios (μm)	Radios/mm	Parénquima axial
<i>C. alnifolia</i> ⁵	-	33	-	874	28	-
<i>C. arbórea</i> ⁵	-	43	-	652	26	-
<i>C. barbinervis</i> ⁵	Pro	49	-	736	12	-
<i>C. canescens</i> var. <i>clementis</i> ⁵	-	61	-	791	14	-
<i>C. canescens</i> var. <i>luzonica</i> ⁵	-	65	-	876	18	-
<i>C. canescens</i> var. <i>novoguineensis</i> ⁵	-	48	-	963	17	-
<i>C. cubensis</i> ⁵	-	43	-	875	13	-
<i>C. fagifolia</i> var. <i>bicolor</i> ⁵	-	86	-	1281	11	-
<i>C. fimbriata</i> ⁴	Pro, Cu y ver		1-3, Dis	-	-	Pa Esc

Cuadro 6. Continuación...

	Tipo de Radios	Ancho de radios (μm)	Seriación de radios	Altura radios (μm)	Radios/mm	Parénquima axial
<i>C. fimbriata</i> ¹⁰	-	31,418	-	375,437	7,370	-
<i>C. fimbriata</i> ⁵	-	45	-	969	22	-
<i>C. mexicana</i> ⁵	-	51	-	742	17	-
<i>C. mexicana</i> ⁶	Ht	-	1(2)	Bajos	Num	Ban
<i>C. mexicana</i> ⁵	-	81	-	745	16	-
<i>C. mexicana</i> ³	Ht	-	5-7	1377 \pm 151	-	Par Esc, Apo Dif y Ag
<i>C. mexicana</i> ⁸	Ht	80(55- 109)	Mul	671 (374- 936)	5 (4-7)	Dif y Vas
<i>C. mexicana</i> ²	Ht	-	-	-	-	Par Esc, Apo Dif y Ag
<i>C. mexicana</i> ⁹	-	Uni: 17 Mul: 82	Uni y Mul	Uni:280 Mul: 641	8	-
<i>C. occidentalis</i> ⁵	-	56	-	809	16	-
<i>C. oleoides</i> ⁵	-	47	-	632	19	-
<i>C. ovalifolia</i> ⁵	-	45	-	807	17	-
<i>C. pachyphylla</i> ⁵	-	62	-	1415	15	-
<i>C. pringlei</i> ¹	Ht	-	Mul 3 a 5, Uni (ver)	739 \pm 99	-	Par esc y Apo Dif
<i>C. revoluta</i> ⁷	Ht , 4 a 6 pro	-	Mul de 4 a 6,	350 a 800	-	Apo Dif
<i>C. rugosa</i> ⁵	-	47	-	856	17	-

Cuadro 6. Continuación...

	Tipo de Radios	Ancho de radios (μm)	Seriación de radios	Altura radios (μm)	Radios/mm	Parénquima axial
<i>C. scabra</i> ⁵	-	45	-	672	17	-
<i>C. scabra</i> var. <i>laevigata</i> ⁵	-	34	-	455	23	-
<i>C. scabra</i> var. <i>venosa</i> ⁵	-	46	-	615	25	-
<i>C. suaveolens</i> ⁵	-	41	-	798	17	-
<i>C. sumatrana</i> ⁵	-	67	-	1393	16	-
<i>Clethra</i> sp. ⁵	-	64	-	833	21	-

¹Aguilar-Alcántara et al. (2014); ²Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales (2005); ³Aguilar-Rodríguez et al. (2000); ⁴Armijos-Montaña et al. (2017); ⁵Giebel y Dickison (1976); ⁶Grande-Pulido y Polanco-Tapia (2007); ⁷MAE y FAO (2014); ⁸Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías (1994); ⁹Quintanar-Isaías et al. (1998); ¹⁰Quintero-Gómez y Amado- Araiza (2017).

CONCLUSIONES

De las 25-30 especies de *Clethra*, con distribución en México, solo se han descrito algunos aspectos de la anatomía de madera para cuatro (*C. mexicana*, *C. oleoides*, *C. pringlei* y *C. suaveolens*). A pesar de que la madera del género muestra gran homogeneidad entre las especies, la variación en algunos de los caracteres podría ayudar en la separación de taxas, como en el caso de *C. pringlei*, *C. fimbriata* y *C. mexicana*, las cuales comparten la presencia de parénquima axial, escaso. En la presente revisión se resaltan diferencias a nivel intraespecífico; estas se observaron en el número de vasos por mm^2 y/o de barras, como se mostró en *C. fimbriata*, *C. mexicana* y *C. scabra*. Por lo que es importante tomar en cuenta la altura, el DAP y la edad del individuo al hacer las colectas, así como el lugar de origen. Continuar con las descripciones de las especies es necesario para poder esclarecer relaciones de parentesco a través de la anatomía comparada, para hacer inferencias de perturbaciones

climáticas, adaptaciones a largo y/o corto plazo, así como para determinar el uso potencial de su madera.

II. VARIACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE *Clethra hartwegii*

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

En la vertiente sur-oeste del nevado de Toluca se localizaron tres localidades para la colecta de *C. hartwegii* (Cuadro 7; Figura 2); en dos de ellas se muestra una diferencia climática en el promedio de lluvia y temperatura; además de dos pisos de distribución altitudinal. La vegetación en las localidades que corresponden a Valle de Bravo (A y B) pertenece a bosques de coníferas y mesófilo de montaña en donde cohabitan *Pinus* L., *Cleyera* Thunb., *Symplocos* Jacq. y *Ternstroemia* Mutis ex L.f., entre otros; en estos sitios el clima se caracteriza como semicálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura promedio anual de 18.5 °C y precipitación anual promedio de 908 mm. En la localidad C, ubicada en Coatepec Harinas, la vegetación predominante, es el bosque mesófilo de montaña, cohabitando especies de *Clethra*, *Quercus* L. y *Symplocos*, el clima corresponde a templado- subhúmedo, con una temperatura anual promedio de 16.1 °C y 1098 mm de precipitación anual promedio (CONABIO, 2023; Gonzáles-Villarreal, 1996).

Colecta: De cada localidad se obtuvieron tres individuos de *C. hartwegii* (Cuadro 7; Fig. 2). De ellos se tomaron muestras para herbario y se resguardaron para corroborar su correcta identidad taxonómica. Los ejemplares se donarán como referencia al herbario IZTA y MEXU. Las localidades se georreferenciaron vía GPS. Se eligieron individuos maduros y sin daños, de los cuales se registró su altura y DAP. Posteriormente, del tallo principal de esos individuos se obtuvieron muestras de madera con corteza, las cuales se fijaron en FAA (Ruzin, 1999); después de dos semanas se lavaron con agua corriente y se almacenaron en

una solución de glicerina- alcohol etílico-agua para su ablandamiento (GAA, 1:2:3) por aproximadamente un mes.

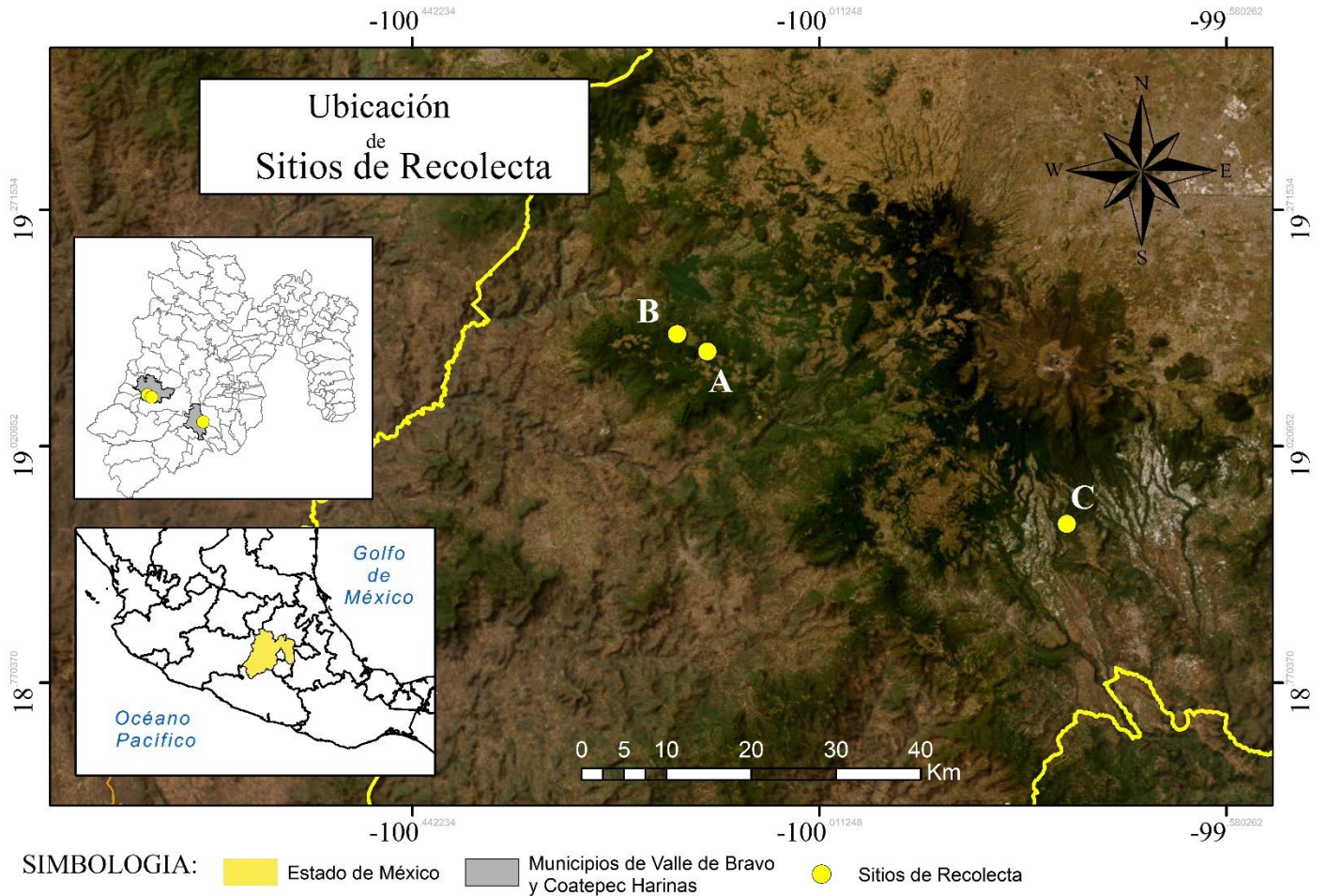


Figura 2. Localidades de estudio al suroeste del Estado de México.

Cuadro 7. Datos de colecta por individuo. Los números de colecta corresponden a Silvia Aguilar. BMM= Bosque mesófilo de montaña; BP= Bosque de pino; DAP= Diámetro a la altura del pecho. Loc= Localidades: A. Valle de Bravo: Peña amarilla. Rancho Los pozos; B. Valle de Bravo: ladera sur-sureste; C. Coatepec Harinas, Cañadas, km 7-8 entre CH y Porfirio Díaz; No= Número de colecta; TV= Tipo de vegetación.

Loc.	Coordenadas	Altitud m s.n.m.	TV	No.	Altura ind. (m)	DAP (cm)	Fórmula climática
A	19°07'17'' N 100°07'47'' O	2405	BMM	912	16	38.19	(A)Ch(w1)(w)(i')g
				913	13	29.60	Semicálido- subhúmedo
				914	17	38.78	
B	19°08'22.9'' N 100°09'42.4' O	2075	BP	915	11	35.17	(A)Ch(w1)(w)(i')g
				916	14	38.35	Semicálido- subhúmedo
				917	15	40.1	
C	18°56'19" N 99°44'56.5" O	2400	BMM	932	10	30.08	Cb(w2)(w)igw''
				933	9	16.71	Templado-subhúmedo
				934	12	25.46	

Trabajo de laboratorio. De las nueve muestras de madera colectadas se obtuvieron cubos de 1.5 cm de cada lado. Para la obtención de cortes se empleó la técnica convencional para madera (Johansen, 1940) utilizando un micrótopo de deslizamiento (Leica SM2010 R); Los cortes obtenidos en los planos transversal, tangencial y radial, con un grosor de 20 a 30 μm aproximadamente, se tiñeron con safranina y verde rápido (Ruzin 1999). Para obtener material disociado, de otro fragmento de cada muestra, se obtuvieron pequeñas astillas de la madera cercana a la corteza y se colocaron en una solución Jeffrey por 24 horas; posteriormente se lavaron con agua corriente, se disgregaron sobre un portaobjetos y se

montaron en gelatina con safranina. A partir de los disociados se midieron la longitud de los elementos del vaso y fibras.

Descripción. Se llevó a cabo la descripción anatómica de la madera según lo recomendado por la Asociación Internacional de los Anatomistas de la Madera (IAWA, 1989). Para evaluar los caracteres cuantitativos, se tomaron 25 mediciones del diámetro del lumen de vasos (DV), longitud de elementos del vaso (LEV), longitud de las fibras (LF), grosor de la pared de las fibras (GPF), diámetro del lumen de las fibras (DLF), diámetro total de las fibras (DTF), grados de inclinación de la placa de perforación (GPP), número de barras de la placa de perforación (BPP) y número de radios por milímetro (R/mm); para el índice de agrupamiento y número de vasos por mm^2 (NV/ mm^2) se tomaron en cuenta al azar 10 campos de 1 mm^2 . Los caracteres se describieron y cuantificaron empleando un analizador de imágenes NIS-Elements BR 2.33. (Nikon, 2015) A la par, se construyó una matriz de datos con los valores de la altura del individuo, DAP, Localidad, Altitud y los 10 caracteres anatómicos cuantitativos de cada individuo mencionados anteriormente.

Análisis estadísticos: Con los caracteres anatómicos cuantitativos, se realizó un análisis de varianza y un análisis de comparación de medias (LSD Fisher) para evaluar diferencias entre las localidades ($P < 0.05$). Además, se realizó un análisis de conglomerados para determinar la semejanza anatómica entre las localidades, el cual se obtuvo por medio del método de agrupamiento por promedio aritmético (UPGMA) y la distancia euclidiana. Por último, se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson entre los 10 caracteres anatómicos y las variables morfológicas DAP y la altura del individuo, para determinar el grado de correlación entre dichos caracteres. Todos los análisis estadísticos se obtuvieron empleando el software InfoStat, 2020.

RESULTADOS

Descripción anatómica. (Figuras 3-6; Cuadro 8). Anillos de crecimiento inconspicuos, raramente se presentan cuatro a seis hileras de fibras con paredes aplanadas radialmente en la madera tardía. Porosidad difusa. Vasos de contorno angular, con un diámetro promedio de $83.31 \pm 11.20 \mu\text{m}$ (59.61-120.63 μm), número de vasos promedio de 30.21 ± 3.30 (25.80-34.80), muy numerosos, el índice de agrupamiento de 1.4 sugiere que los vasos son principalmente solitarios, algunos se agrupan en 2 y 3, y escasos en grupos de 4, sin arreglo aparente, elementos del vaso muy largos, con una longitud promedio de $1427.06 \pm 269.04 \mu\text{m}$ (765.44-2188.91 μm), placa de perforación escalariforme con una media de 40 ± 10 barras (20-82), punteaduras intervasculares, areoladas, alternas, muy pequeñas. Fibrotraqueidas y fibras libriformes septadas, muy largas con una longitud promedio de $2243.81 \pm 506.72 \mu\text{m}$ (887.17-3445.64 μm), la pared es de delgada a gruesa $8.41 \pm 1.52 \mu\text{m}$ (5.01-13.25 μm), diámetro del lumen de $23.90 \pm 4.80 \mu\text{m}$ (13.17-37.39 μm) y diámetro total promedio de $40.73 \pm 5.95 \mu\text{m}$ (27.96-57.44 μm). Parénquima axial, paratraqueal escaso, apotraqueal difuso y en agregados. Radios multiseriados, de 3 a 5 células, heterogéneos, cuerpo formado por células procumbentes y márgenes formados por hileras de 1 hasta 4 células erectas y/o cuadradas, número promedio de radios por mm 7 ± 2 (2-12).

Cuadro 8. Promedios totales de las características morfológicas y anatómicas de nueve individuos de *Clethra hartwegii*. P= promedio DE= desviación estándar; Min= mínimo; Max= máximo. Características morfológicas: DAP= Diámetro a la altura del pecho. Características anatómicas: DV= Diámetro de los vasos; LEV= Longitud de los elementos del vaso; NV/mm²= Número de vasos por milímetro cuadrado; GPP= Grados de inclinación de la placa de perforación; BPP= Número de barras de la placa de perforación; LF= Longitud de fibras; DTF= Diámetro total de las fibras; DLF= Diámetro del lumen de las fibras; GPF= Grosor de la pared de las fibras; R/mm= Número de radios por milímetro.

Caract. Morfo-anatómicas	P y DE	Min	Max
Altura (m)	13.04±2.59	9.00	17.00
DAP (cm)	32.49±7.35	16.71	40.10
DV (µm)	83.31±11.20	59.61	120.63
LEV (µm)	1427.06±269.04	765.44	2188.91
NV/mm ²	30.21 ± 3.30	25.80	34.80
GPP	54.57±8.59	34.14	77.61
BPP	39.57±10.21	20.00	82.00
LF (µm)	2243.81±506.72	887.17	3445.64
DTF (µm)	40.73±5.95	27.96	57.44
DLF (µm)	23.90±4.80	13.17	37.39
GPF (µm)	8.41±1.52	5.01	13.25
R/mm	6.55±2.29	2.00	12.00

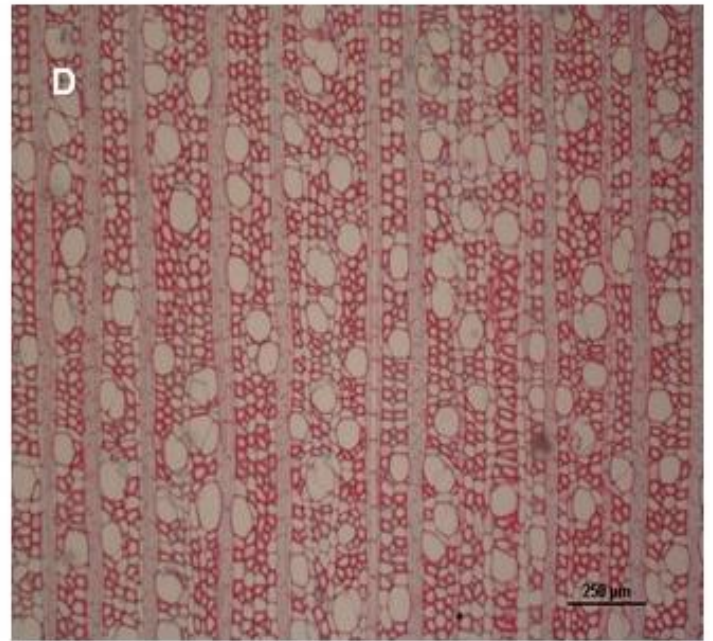
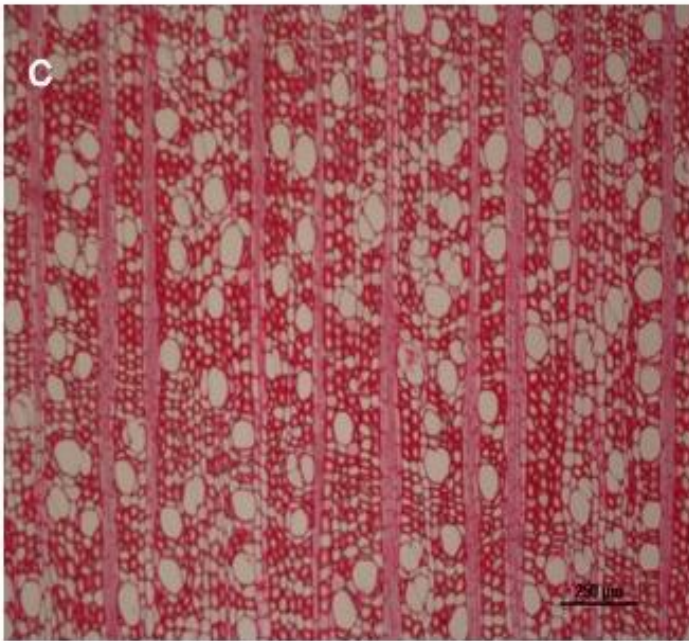
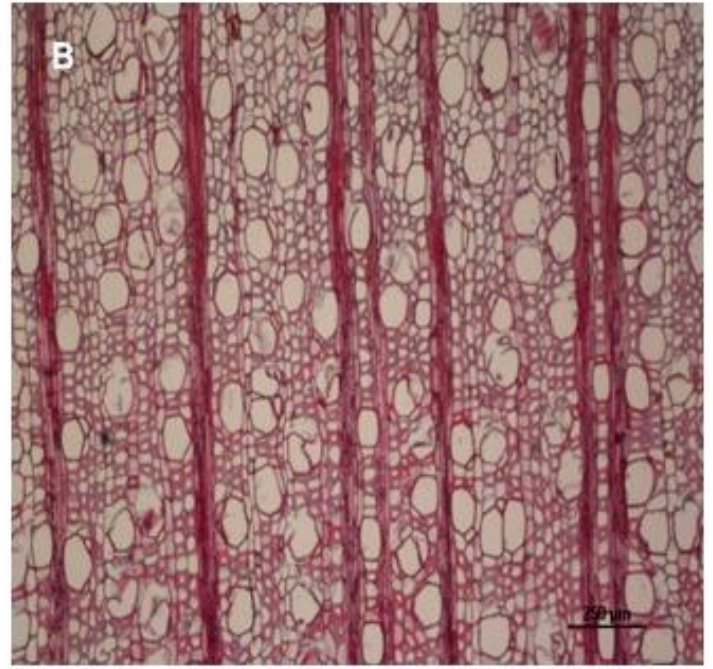
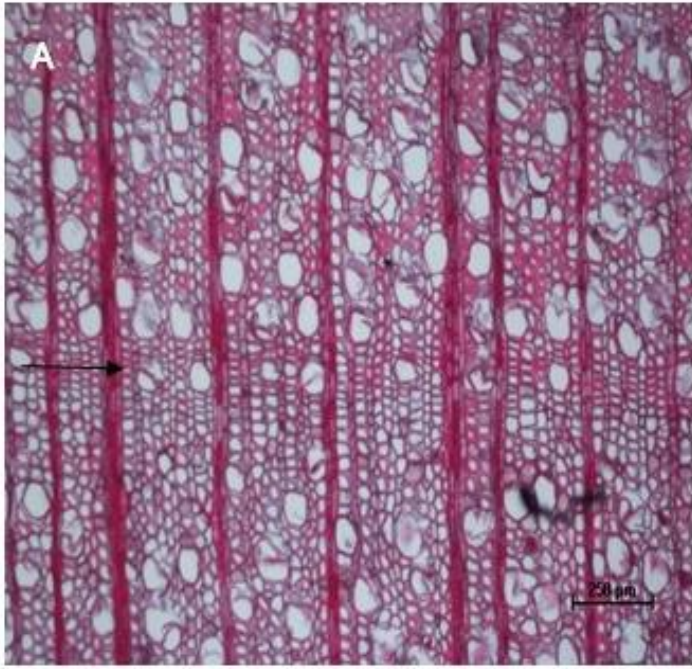


Figura 3. Secciones transversales de la madera de *Clethra hartwegii*. (4X). A. No. de colecta SAR 915 (Flecha negra señala fibras de paredes engrosadas y aplanadas que forman una banda tangencial de 4-6 células de grosor) B. No. de colecta SAR 917. C. 933; D 934. Anillos de crecimiento incosnspicuos, porosidad difusa, vasos principalmente solitarios con borde angular, fibras, parénquima axial apotraqueal difuso y en agregados, elementos del vaso, parénquima axial paratraqueal escaso. Barras= 250 µm.

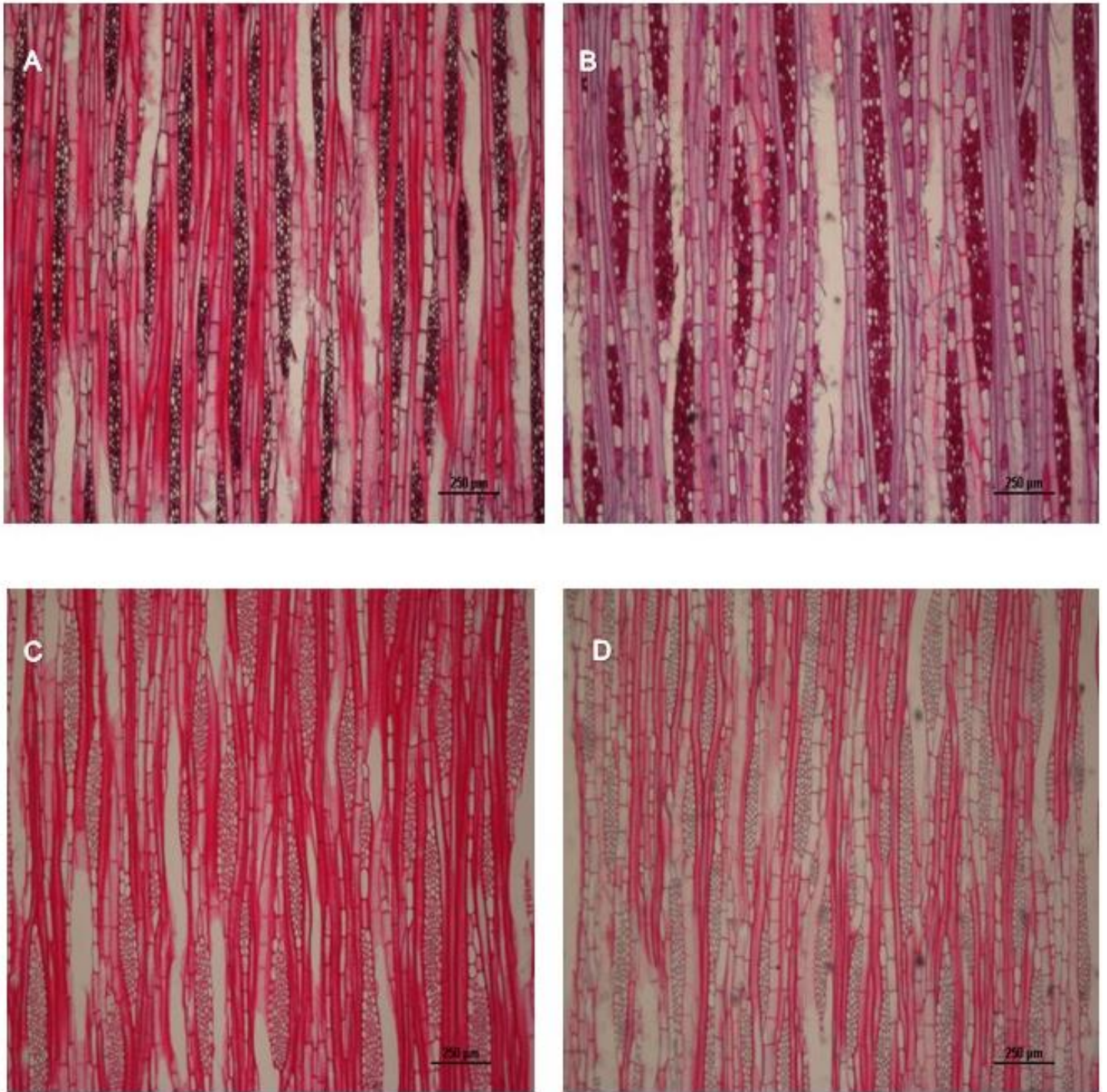


Figura 4. Secciones tangenciales de la madera de *Clethra hartwegii*. (4x) A 915; B 917; C 933; D 934. Radios multiseriados, parénquima axial, fibras libriformes, fibras septadas, elementos del vaso. Se logran apreciar diferentes tamaños de radios multiseriados. Barras= 250 μm

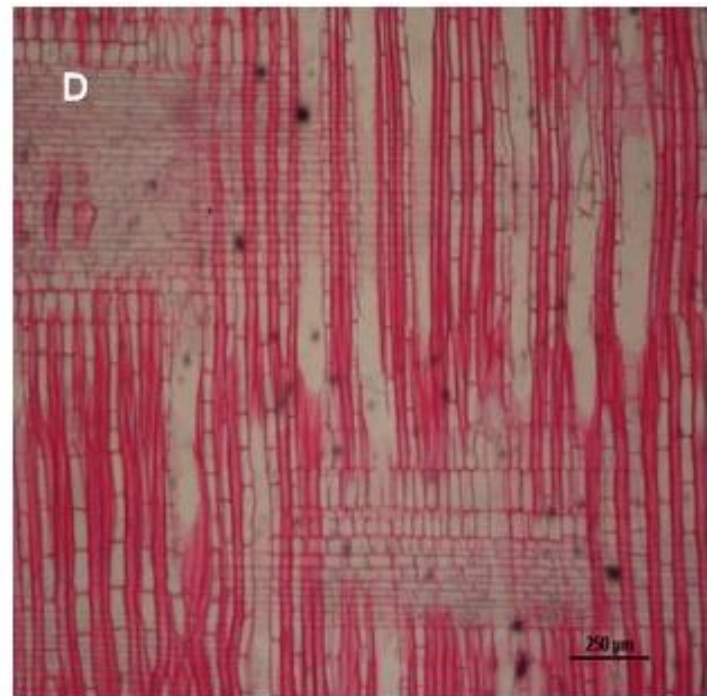
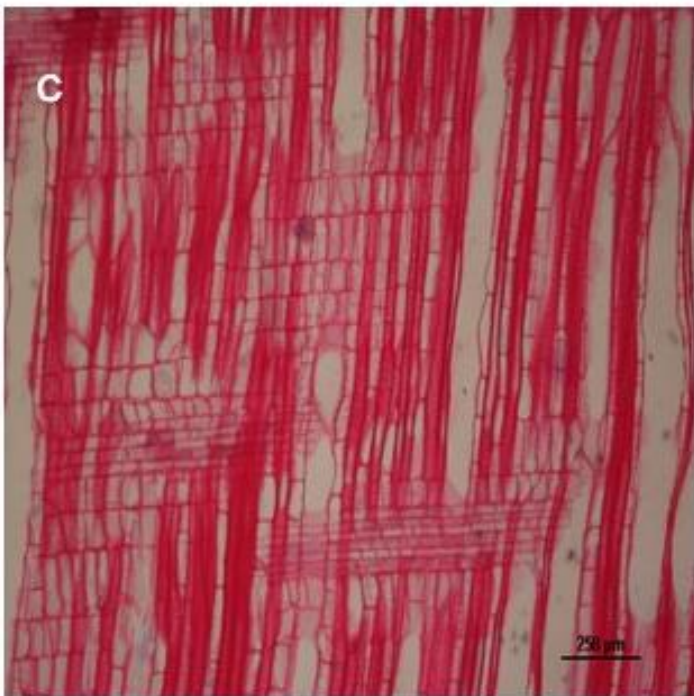
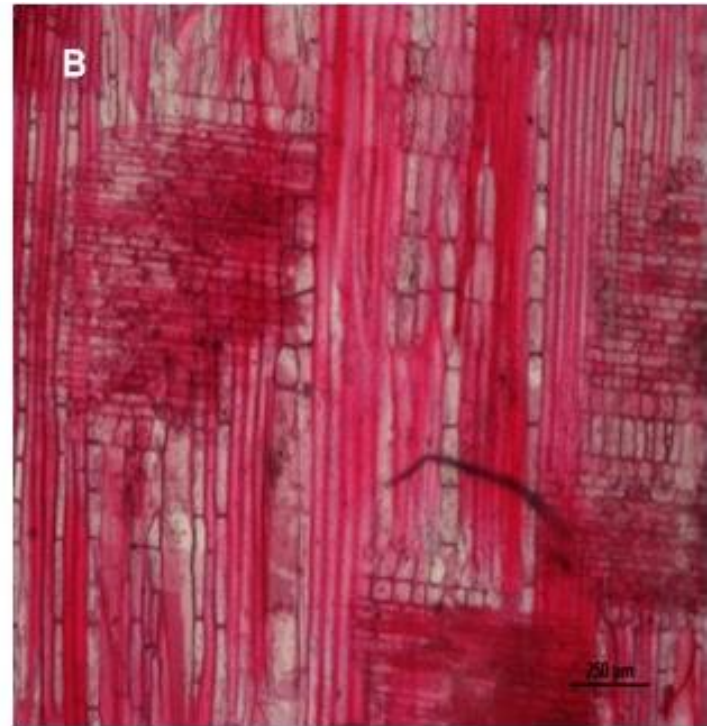
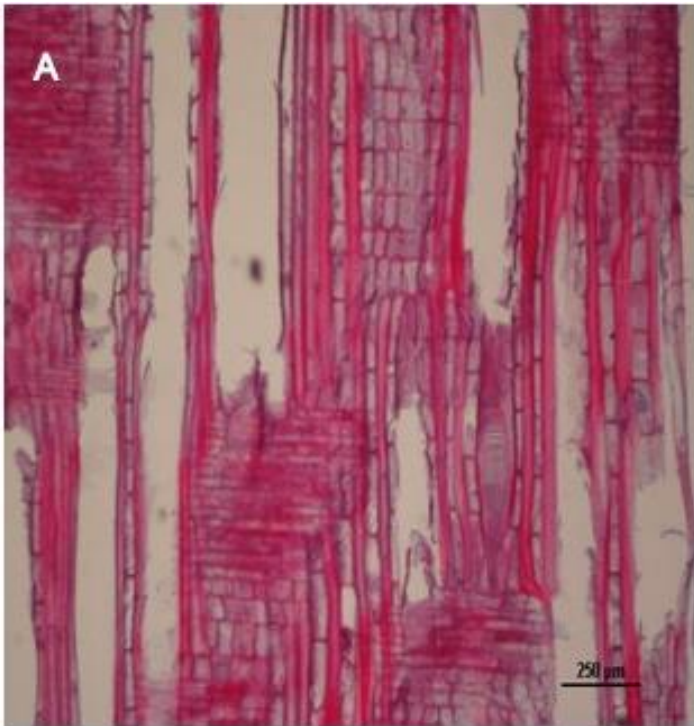


Figura 5. Secciones radiales de la madera de *Clethra hartwegii*. (4X) A 912; B 915; C 933; D 934. PP= Placa de perforación escalariforme, CC= Células cuadradas, CP= Células procumbentes, CE= Células Erectas RH= Radios heterogéneos. Los radios están compuestos principalmente por células procumbentes en el cuerpo del radio y filas de 1-4 células cuadradas o erectas en los márgenes. Barras= 250 μ m.

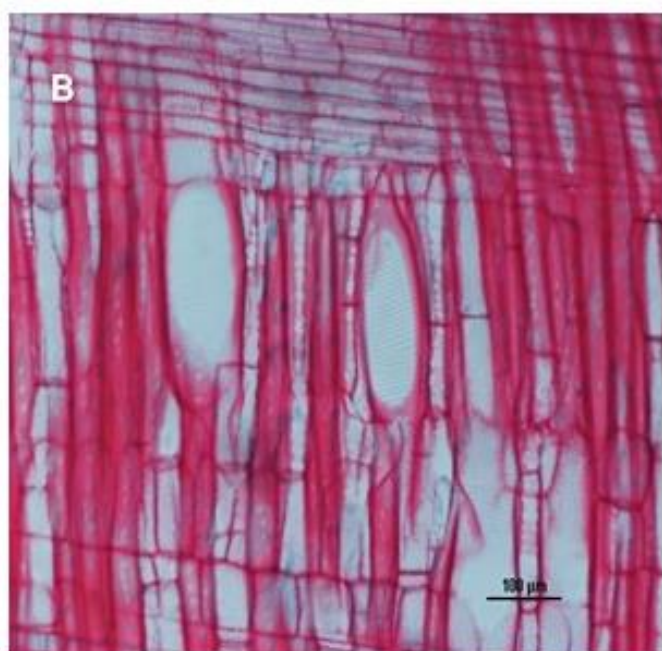
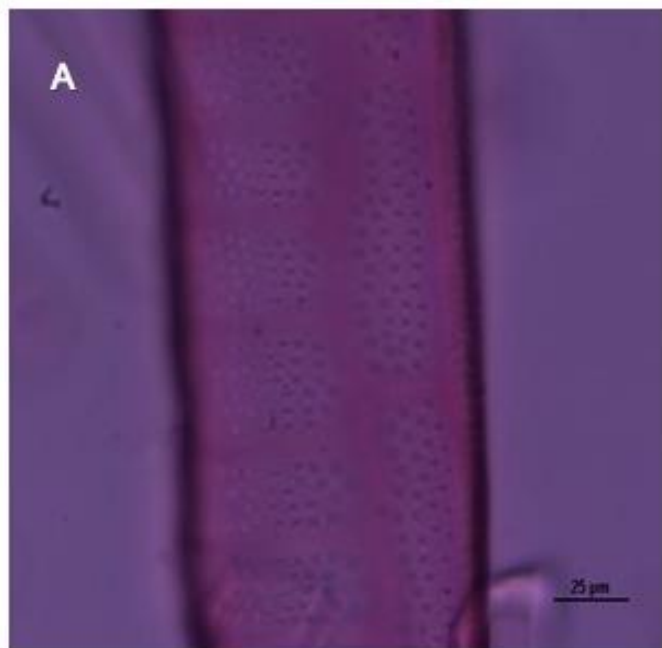


Figura 6. Disociados de madera de *Clethra hartwegii*. A) (40x) Punteaduras alternas; B) (10X) placa de perforación escalariforme con 20-40 barras, fibrotraqueidas; C) (4x) elemento del vaso y fibras libriformes. Barras= A, 25 μm ; B, 100 μm ; C, 230 μm

Los valores promedio de las características por población se encuentran contenidos en el Cuadro 9. Los resultados del análisis de varianza señalan diferencias estadísticamente significativas entre las localidades, la prueba LSD de Fisher detectó dichas diferencias entre ellas (A, B y C) con respecto al diámetro de los vasos ($F=7.03$, $gl=2$, $P=0.026$) y longitud de los elementos del vaso y fibras ($F=5.49$, $gl=2$, $P=0.044$; $F=6.92$, $gl=2$, $P=0.027$).

Cuadro 9. Media y desviación estándar de caracteres cuantitativos de la madera de *Clethra hartwegii* obtenidos en las tres localidades (A, B y C). Características anatómicas: BPP= Número de barras de la placa de perforación; DV= Diámetro de los vasos; DLF= Diámetro del lumen de las fibras; DTF= Diámetro total de las fibras; GPF= Grosor de la pared de las fibras; GPP= Grados de inclinación de la placa de perforación; LEV= Longitud de los elementos del vaso; LF= Longitud de fibras; NV/mm²= Número de vasos por milímetro cuadrado; R/mm= Número de radios por milímetro.

Característica	Peña Amarilla (A)	Ladera Sur-sureste (B)	Cañadas (C)
DV(μm)	83.59±2.65	87.60±3.60	74.84±2.03
LEV(μm)	1560.42±117.47	1452.45±130.67	1268.32±70.15
NV/mm ²	30.47±4.35	28.33±3.88	31.83±0.40
DTF(μm)	38.86±2.53	40.24±2.18	43.10±1.86
DLF(μm)	22.61±2.17	23.74±1.15	25.37±3.28
GPF(μm)	8.13±1.14	8.25±0.61	8.87±0.82
LF(μm)	2479.8±29.559	2384.52±324.95	1867.02±187.02
BPP	40.67±6.80	39.67±4.93	38.33±3.79
GPP	54.27±3.02	55.54±0.37	53.89±3.72
R/mm	8.33±1.52	4.67±1.63	7.00±2.00

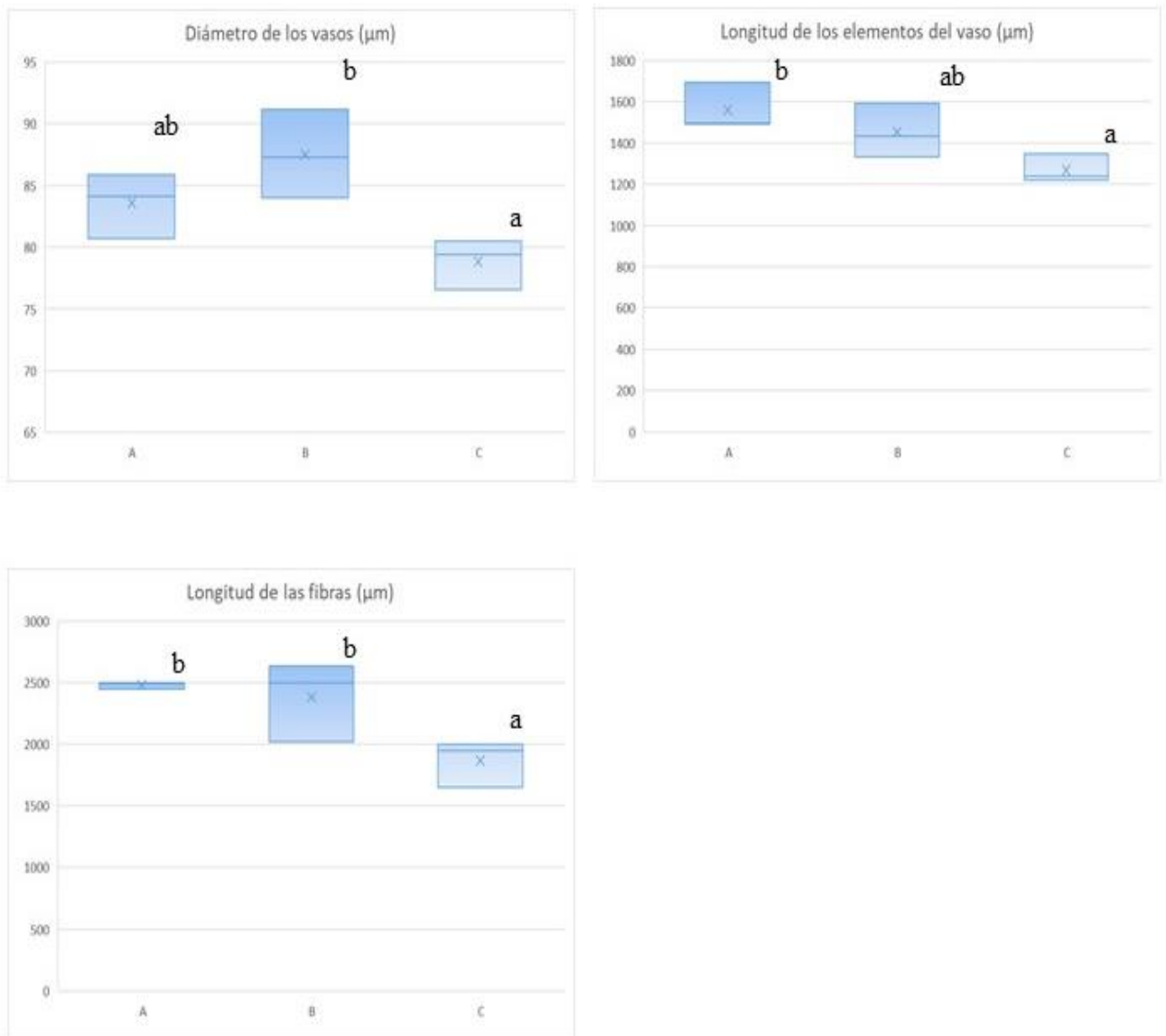


Figura 7. Valores promedio para tres caracteres anatómicos de la madera de *Clethra hartwegii* por localidad (A, B, C). Diámetro del lumen de los vasos, Longitud de elementos del vaso, Longitud de fibras. Las letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

En la Figura 7 se observa que los elementos del vaso en las localidades A y B presentan mayores diámetros que en C, sin embargo, esta presenta similitud con A. En cuanto a la longitud de los elementos del vaso, en la localidad A son más largos que en C, a diferencia de

B en dónde se aprecian longitudes intermedias (A y C). Con respecto a la longitud de las fibras, en A y B fue similar y significativamente mayor a C.

El fenograma (Figura 8) basado en el coeficiente de correlación cofenética, el método de agrupamiento por promedio (UPGMA) y la distancia euclidiana, revela la existencia de dos grupos, uno de los cuales está conformado por las localidades A y B, estas se separan de C, conformando el segundo grupo. De esta manera se observa que las características anatómicas de las localidades A y B ubicados ambos en Valle de Bravo, son más parecidas entre sí, a pesar del contraste en la altitud entre ellas y difieren con respecto a C localizado en Coatepec Harinas.

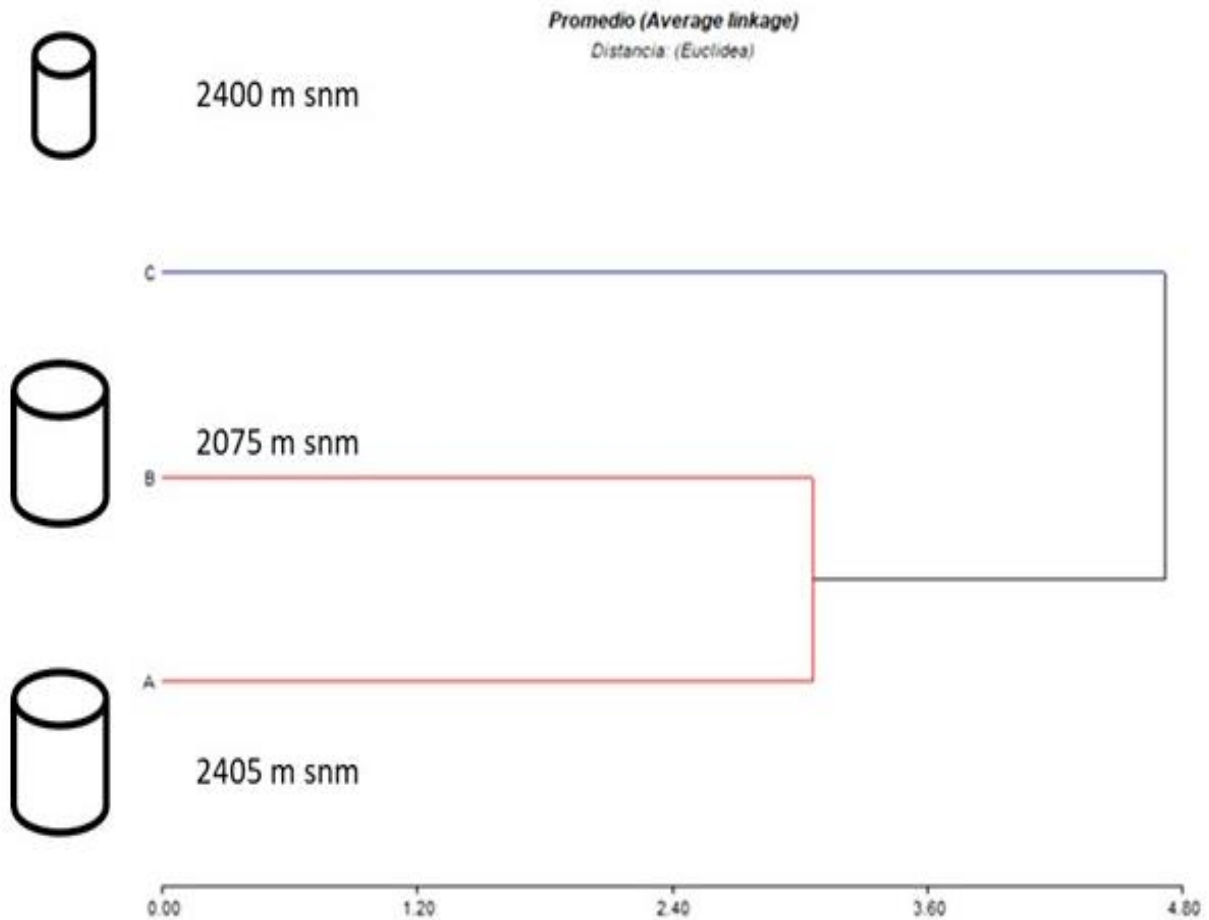


Figura 8. Fenograma para las localidades de colecta de la madera de *Clethra hartwegii*, generado con la distancia euclidiana, el coeficiente de correlación cofenética y el método de agrupamiento promedio. Correlación cofenética= 0.97 (A y B Valle de bravo), (C Coatepec Harinas).

En los Cuadros 10 y 11 se muestran los coeficientes de correlación de Pearson entre las características anatómicas cuantitativas de la madera de *C. hartwegii* y el tamaño de los individuos (Altura y DAP) (Cuadro 10), así como entre los caracteres anatómicos evaluados (Cuadro 11). La altura no mostró correlaciones significativas con ningún carácter anatómico, pero si con el DAP ($r = 0.74$, $P = 0.023$); el cual tuvo una asociación positiva con el diámetro de los vasos ($r = 0.79$, $P = 0.011$) y la longitud de fibras ($r = 0.68$, $P = 0.044$). Entre los caracteres anatómicos (Cuadro 11), se presentaron, dos correlaciones positivas: la primera se

observó entre longitud de los elementos de vaso y la longitud de fibras ($r= 0.88$, $P= 0.001$) y la segunda entre el diámetro total y lumen de las fibras ($r=0.79$, $P= 0.012$). Por último, solo se registró una correlación negativa entre el número de vasos por milímetro cuadrado y el diámetro de los vasos ($r= -0.77$, $P= 0.012$).

Cuadro 10. Coeficientes de correlación de Pearson entre las características anatómicas y morfológicas de *Clethra hartwegii*, Alt. ind. = altura de los individuos, y el DAP= diámetro a la altura del pecho y la Altitud. DV= Diámetro de los vasos; LEV= Longitud de los vasos elementos del vaso; NV/mm²= Número de vasos por milímetro cuadrado; DTF= Diámetro total de las fibras; DLF= Diámetro del lumen de las fibras; GPF= Grosor de la pared de las fibras; LF= Longitud de fibras; BPP= Número de barras de la placa de perforación; GPP= Grados de inclinación de la placa de perforación; R/mm= Número de radios por milímetro. *= $P < 0.05$ (Nivel de significancia)

	DAP	Alt. ind.
DV	0.79*	0.56
LEV	0.41	0.48
NV/mm ²	-0.43	-0.32
DTF	-0.32	-0.64
GPF	-0.48	-0.47
DLF	-0.02	-0.39
LF	0.68*	0.58
BPP	-0.2	-0.01
GPP	0.27	-0.01
R/mm	-0.28	0.24
DAP	1	0.74*
Alt. ind.	0.74	1

Cuadro 11. Coeficientes de correlación de Pearson entre los caracteres anatómicos cuantitativos de la madera de *Clethra hartwegii*. DV= Diámetro de los vasos; LEV= Longitud de los elementos del vaso; DTF= Diámetro total de las fibras; DLF= Diámetro del lumen de las fibras; GPF= Grosor de la pared de las fibras; LF= Longitud de fibras; BPP= Número de barras de la placa de perforación; GPP= Grados de inclinación de la placa de perforación; R/mm= Número de radios por milímetro. *= P < 0.05 (Nivel de significancia)

	DV	LEV	NV/mm ²	DTF	GPF	DLF	LF	BPP	GPP	R/mm
DV	1.000	0.327	-0.765*	-0.475	-0.272	-0.342	0.436	-0.265	-0.045	-0.609
LEV		1.000	0.425	-0.617	-0.359	-0.441	0.883*	0.528	-0.179	0.245
NV/mm ²			1.000	0.319	-0.089	0.420	-0.075	0.431	0.178	0.569
DTF				1.000	0.478	0.785*	-0.447	-0.508	0.070	-0.040
DPF					1.000	-0.169	-0.460	-0.408	-0.161	0.042
DLF						1.000	-0.178	-0.283	0.191	-0.074
LF							1.000	0.384	0.009	0.177
BPP								1.000	0.150	0.384
GPP									1.000	0.150
R/mm										1.000

DISCUSIÓN

La madera de *C. hartwegii* comparte rasgos anatómicos generales registrados para las Clethraceae, como la porosidad difusa, vasos principalmente solitarios, placas de perforación escalariforme, punteaduras aereoladas, presencia de fibrotraqueidas, radios heterogéneos, multiseriados y parénquima axial escaso (Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías, 1994; Aguilar-Rodríguez, 2010). Con relación a las características anatómicas que presentaron diferencias significativas, los resultados para el diámetro del lumen de los vasos y longitudes de los

elementos del vaso y de fibras, coinciden con los obtenidos para *Tapirira* Aubl. (Terrazas y Wendt, 1995), *Viburnum* L. (Ghimire et al., 2020) y *Forestiera* Poir. (Ruiz-Valencia et al., 2021); en donde, además, otras características como el diámetro de las punteaduras y la altura de los radios, han separado tanto a poblaciones como a especies.

Con respecto a la relación que existe entre la altura y el diámetro de los árboles, se sabe que influyen en el nivel de desempeño individual (al determinar el transporte de agua, la captura de luz y el soporte mecánico), así como del ecosistema relacionado con la efectividad de la asimilación de carbono y que las variaciones en el tamaño y forma de un organismo son resultado de distintos procesos, como es la adaptación a factores ambientales (Gutiérrez-García y Ricker, 2019; Ibacache-Toro et al., 2010; Klingenberg, 2016). En el tamaño de los árboles (altura/diámetro) se ha registrado una correspondencia positiva significativa para diversos taxa (García-Cuevas et al. 2020; Ordaz-Ruíz et al. 2020) como se observa en *C. hartwegii*, con una correlación positiva entre el DAP y la altura del individuo, la cual se interpreta como una relación alométrica (Delgado et al., 2005) Por otro lado, a diferencia de lo observado en otros taxones, en esta especie solo se registra una correspondencia del diámetro de los árboles con la longitud de las fibras y el diámetro de vasos, esto es, tallos con menores diámetros presentan fibras más cortas y diámetro de vasos más angostos. Al respecto, Moya y Tomazello, (2008) señalan que en el caso de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. (Lamiaceae) el DAP influyó positivamente en el diámetro y frecuencia de los vasos, porcentaje y ancho de radios, así como en la longitud, diámetro y lumen de fibras. A diferencia de lo observado con el diámetro, la altura no registró correlación significativa con la mayoría de los caracteres anatómicos.

La significativamente correlación positiva entre la longitud de los elementos del vaso y de las fibras y de la longitud de fibras con su lumen puede explicarse debido al origen común de estos elementos en el cámbium vascular y frecuentemente se han encontrado resultados similares, como en el caso de *Quercus obtusata* Bonpl. (Fagaceae) (Chávez-Romero et al., 2010). De la misma manera, la correlación negativa entre el número de vasos por milímetro cuadrado y el diámetro de los vasos ha sido descrita anteriormente para otras especies leñosas de amplia distribución geográfica, como es el caso de cuatro especies de *Castanopsis* (D. Don) Spach (Fagaceae) (Pande, et al., 2005) y de *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart (Fabaceae) (Giménez, 2009).

Respecto al análisis de conglomerados, los caracteres anatómicos cuantitativos permitieron agrupar las localidades A y B ubicadas en Valle de Bravo y separarlas de Coatepec Harinas (C). Dichos caracteres, no se ven afectados estadísticamente por el DAP o por el tamaño de los individuos. Sin embargo, se aprecia que individuos con diámetros y altura menores (≤ 22.41 cm /10 m) se encuentran en Coatepec Harinas (2400 m s.n.m.), con respecto a las localidades de Valle de Bravo, en donde los individuos presentan mayores tamaños (35 cm/16 m; 2405 m s.n.m y B 37.8 cm/13 m; 2075 m s.n.m.); estos individuos con mayor tamaño presentan valores más altos en el diámetro de los elementos del vaso y longitud de elementos del vaso y fibras. Cabe mencionar que A y B se encuentran geográficamente más cercanos entre sí, en relación a C, pero difieren en la altitud, lo cual podría indicar que las diferencias en las dimensiones morfológicas de los individuos, así como en sus características anatómicas, están asociadas a las condiciones micro-climáticas del sitio de colecta (temperatura y precipitación) de acuerdo a lo señalado en diferentes estudios (Fisher et al., 2007; Gutiérrez-García y Ricker, 2019; Merev y Yavuz, 2000 y Pandey, 2021).

A pesar de que numerosos estudios abordan la variación anatómica de la madera a nivel intraespecífico en función de la altitud, para el caso de *C. hartwegii* es difícil realizar una apreciación bajo este concepto, ya que la especie en la zona de estudio, no presenta una amplia distribución; con un intervalo aproximado de 2000 y 2400 m s.n.m. (Tejero-Díez, com.pers.). Por ello, parece ser que la agrupación de las dos poblaciones de *C. hartwegii* ubicadas en Valle de Bravo (A y B) estaría más asociada al clima, ya que a pesar de que ambas se localizan a altitudes diferentes (2405-2075 m s.n.m. respectivamente), el clima es más seco y cálido, que el de Coatepec (C). En este caso, aunque existe una altitud similar a la de A (con 2400 m s.n.m), el clima es más húmedo y frío.

CONCLUSIONES

Los caracteres anatómicos descritos para la madera de *C. hartwegii* en el presente estudio se consideran típicamente reportados para Clethraceae- *Clethra* en lo que respecta a la presencia de vasos solitarios, elementos del vaso con placa de perforación escalariforme, porosidad difusa, punteaduras areoladas, fibras libriformes, fibrotraqueidas, radios heterogéneos, multiseriados y parénquima axial paratraqueal escaso.

Tres características de *C. hartwegii* (diámetro de los vasos, longitud de elementos de vaso y fibras) muestran diferencias significativas entre las poblaciones estudiadas.

El análisis de similitud permitió formar dos grupos más relacionados con el tamaño de los individuos y con las condiciones micro-climáticas que con la altitud.

Los datos obtenidos permitirán interpretar posibles adaptaciones de la especie bajo un escenario ante condiciones de cambio climático, esto debido a la influencia que ejercen las condiciones climáticas, sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera; así como de

la potencialidad de uso de esta especie como recurso en la vertiente sur-oeste del nevado de Toluca.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Alcántara M., Aguilar-Rodríguez S. y Terrazas T. 2014. Anatomía de la Madera de 12 especies de un bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas, México. *Madera y Bosques*. 20(3): 69-86.
- Aguilar-Rodríguez S. y Barajas-Morales J. 2005. Anatomía de las especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: Un enfoque ecológico-evolutivo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 77: 51-58.
- Aguilar-Rodríguez S., Barajas-Morales J. y Tejero-Díez. D. 2000. Anatomía de Maderas de México: especies de un bosque mesófilo de montaña. *Publicaciones Especiales. Instituto de Biología*. 17: 87p.
- Aguilar-Rodríguez S., Terrazas T. y López-Mata L. 2006. Anatomical wood variation of *Buddleja cordata* (Buddlejaceae) along its natural range in México. *Trees*. 20: 253-261.
- Aiso H., Ishiguri F., Toyozumi T., Takashima Y., Aizawa M y Yokota S. 2017. Relationships between tree size and reaction wood formation in 23 Japanese angiosperms. *Journal of wood science*. 63: 307-312.
- Arias S. y Terrazas T. 2001. Variación en la anatomía de la madera de *Pachycereus pecten-aboriginum* (Cactaceae). *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica*. 72(2): 157-169.
- Armijos-Montaña A., Alvarado-Chamba J., Quito-Torres J., León-González T., Guamán-Guamán L. y D. Pucha-Cofrep. 2017. Anatomía de la Madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador. *Revista del Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonia*. 7: 83-95.

- Bárcena A. 1981. Flora de Veracruz. *Clethraceae*. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos. 15. 20p.
- Boole J. A. Jr. 1951. Studies in the comparative anatomy of the Clethraceae. Virginia Polytechnic Institute. Tesis de Maestría. 26p.
- Camarero J., Guerrero J. y Gutiérrez E. 1997. Formación del anillo de crecimiento y clima: Un ejemplo de modelos para *Pinus uncinata* Ram y *Pinus sylvestris* L. en los Pirineos centrales. *Ecología*. 235-254.
- Carlquist S. y Schneider E. 2004. Perforation plate pit membrane remnants and other vessel details of Clethraceae: Primitive features in wood of Ericales. *Internal Journal of plant science*. 165(3): 369-375.
- Chave J., Coomes D., Jansen S., Lewis S. L., Swenson N. G. y Zanne A. E. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*. 12: 351-366.
- Chávez-Romero D., Aguilar-Rodríguez S. y Terrazas T. 2010. Variación anatómica de la madera de *Quercus obtusata* (Fagaceae). *Madera y Bosques*. 16(2): 69-87.
- CONABIO. 2019. Enciclovida. *Clethra hartwegii*. Tomado de:
<http://enciclovida.mx/especies/6027654>
- CONABIO. 2023. Regiones terrestres prioritarias en México, Nevado de Toluca. Tomado de:
http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_109.pdf
- Christman M. y Sperry J. 2010. Single-vessel flow measurements indicate scalariform perforation plates confer higher flow resistance than previously estimated. *Plant, cell and environment*. 33(3): 431- 443.
- Delgado L., Acevedo M., Castellanos H., Ramírez H. y Serrano J. 2005. Relaciones alométricas y patrones de crecimiento para especies de árboles de la reserva forestal Imataca, Venezuela. *Interciencia*. 30(5): 275-283.

- Díaz-Silva M. R. de las M. 2010. Uso de las especies forestales asociadas a bosques de roble (*Quercus humboldtii* Bonpl.) con fines energéticos en tres veredas del municipio de Encino-Santander. *Revista Colombiana Forestal*. 13(2): 237-244.
- Durán-Guerra O., Quintanar-Isaías A., Villanueva-Díaz J., Jaramillo-Pérez A., y Cerano-Paredes J. 2014. Características anatómicas de la madera de *Bursera lancifolia* (Schltdl.) Engl. con potencial dendrocronológico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 5(26): 76-89.
- Fichtler E. y Worbes M. 2012. Wood anatomical variables in tropical trees and their relation to site conditions and individual tree morphology. *IAWA Journal*. 33(2): 119–140.
- Fisher J. B., Goldstein G., Jones T. J., y Cordell S. 2007. Wood vessel diameter is related to elevation and genotype in the hawaiian tree *Metrosideros polymorpha* (Myrtaceae). *American Journal of Botany*. 94(5): 709-715.
- García-Cuevas X., Mendoza-Muñoz J., Garcia-Magaña J. y Hernandez-Ramos A. 2020. Relaciones alométricas para *Caesalpinia platyloba*. *Ecosistema y recursos agropecuarios*. 7(3): 13p.
- Galindo-Segura L., Finegan B., Delgado D. y Mesén F. 2020. Variación intraespecífica de rasgos funcionales de *Cedrela odorata* en la península de Nicoya, Costa Rica. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 11(57): 57-87.
- Ghimire B., Son DC., Park BK., y Oh S-H. 2020. Comparative wood anatomy of Korean *Viburnum* L. (Adoxaceae) and its taxonomic implication. *PhytoKeys*. 156: 27-46.
- Giebel K. P. y Dickison W. C. 1976. Wood anatomy of Clethraceae. *The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*. 92: 17-26.
- Giménez A. M. 2009. Anatomía de madera, corteza y anillos de crecimiento de *Geoffroea decorticans* (Gill., Ex Hook. & Arn.) Burk. *Quebracho- Revista de ciencias forestales*. 17(1,2): 16.30.

- González-Villarreal L. M. 1996. Clethraceae. *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*.
IBUGANA Instituto de Botánica. 42. 18p.
- González-Villarreal L. M. 1998. Three new species of *Clethra* (Clethraceae) from México.
IBUGANA Boletín del Instituto de Botánica. 5(1-3): 137-155.
- González-Villarreal L. M. 2006. Novelties in *Clethra* (Clethraceae) from México. *IBUGANA*.
Boletín del Instituto de Botánica. 13(1): 12-25.
- González-Villarreal L. M. 2018. Three novelties in *Clethra* (Clethraceae: sect. *Cuellaria*)
from the cloud forests of southern Mexico and western Guatemala. *IBUGANA*.
Boletín del Instituto de Botánica. 9: 3-19.
- Grande-Pulido D. y Polanco-Tapia C. 2007. Descripción anatómica de cuarenta especies de
bosque alto andino en Guasca, Cundinamarca. *Revista Colombia Forestal*. 10(20):
27p.
- Gutiérrez-García G. y Ricker M., 2019. Influencia del clima en el crecimiento radial en
cuatro especies de coníferas en la sierra de San Antonio Peña Nevada (Nuevo León,
México). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 90: 14p.
- Hajek P., Kurjak D., von Wühlisch G., Delzon S. y Schuldt B. 2016. Intraspecific Variation
in Wood Anatomical, Hydraulic and Foliar Traits in Ten European Beech
Provenances Differing in Growth Yield. *Frontiers in Plant Science*. 7: 14p.
- IAWA. 1989. Lista de las características microscópicas para identificación de madera *Bull*
International Association of Wood Anatomists. 10(3): 219-332.
- InfoStat. 2020. *InfoStat version 2020*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de
Córdoba, Argentina.
- IPNI (2023). International Plant Names Index. Publicado en línea <http://www.ipni.org>, The
Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and
Australian National Herbarium. [Revisado 25 agosto 2023].

- Ibacache-Toro M., Manriquez S. y Suazo G. 2010. Morfometría geométrica y el estudio de las biológicas: De la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology*. 28(4): 977-990.
- Johansen D. A. 1940. Plant microtechnique. MacGraw Hill. Estados Unidos.
- Klingenberg C. 2016. Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. *Development Genes and Evolution*. 226: 113-137
- Kuntze O. 2014. Clethraceae. *Clethra occidentalis*. *Árboles de Centroamérica*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y el Instituto Forestal de Oxford. 2p.
- López-Upton J., Velazco-Fiscal V., Jasso-Mata J., Ramírez-Herrera C., y Vargas-Hernandez J. 2001. Hibridación natural entre *Pinus oocarpa* y *Pinus pringlei*. *Acta Botánica Mexicana*. 57: 51-66.
- MAE (Ministerio del Ambiente Ecuador) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2014. Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador. Quito. 105p.
- Merev N. y Yavuz H. 2000. Ecological Wood Anatomy of Turkish *Rhododendron* L. (Ericaceae). Intraspecific Variation. *Turkish Journal of Botany*. 24: 227-237.
- Moglia J., Gímenez A., González D, y Gerez R. 2010. Caracterización de los anillos de crecimiento y su relación con la densidad básica de la madera en *Eucalyptus camaldulensis*. *Quebracho Revista de ciencias forestales*. 18(1, 2): 47-57.
- Monteoliva S. e Igartúa D. V. 2010. Variación anatómica de la madera de *Acacia melanoxylon* implantada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 109(1): 7p.

- Morales J. F. 2018. New species and combination of *Apocynaceae*, *Bignoniaceae*, *Clethraceae*, and *Cunoniaceae* from the new Tropics. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 75(2): 10p.
- Morales-Nieto C., Siqueiros-Candia M., Álvarez-Holguin A., Gil-Vega K., Corrales-Lerma R. y Martínez-Salvador M. 2021. Diversidad, estructura genética e hibridación en poblaciones de *Pinus arizonica* y *P. duranguensis*. *Madera y Bosques*. 27(2): 14p.
- Moya R., y Tomazello F. M. 2008. Variation in the Wood anatomical structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) tres at different ecological conditions in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 52(2): 689-704.
- Núñez-Castillo S. M., Álvarez-Moctezuma J. G., Zavala-Chávez F. y Espinosa-Robles P. 2011. Análisis morfológico y de hábitat en el híbrido *Quercus glabrescens* x *Q. rugosa*. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2(3): 18p.
- Ordaz-Ruíz G., Hernández-Ramos J., García-Espinoza G., Hernández-Ramos A., Delgado-Valerio P. y García Magaña. 2020. Relaciones alométricas para plantaciones de *Pinus patula* Scheide ex Schltdl. et Cham. en el Estado de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*. 11(60): 23p.
- Ortega F. y Castillo G. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias*. 43: 32-39.
- Ortega F., Guerrero L., Carmona T. y Córdoba C. 1989. Angiospermas arbóreas de México Anatomía de la madera de veintiocho especies de Cosautlán de Carvajal, Veracruz. *La madera y su uso*. 19: 209p.
- Pande P.; Chauhan, L, y Singh, M. (2005). Wood anatomical variations within the genus *Castanopsis*. *Journal of Tropical Forest Science*. 17(3): 366-371.
- Pandey S. 2021. Climatic influence on tree wood anatomy: a review. *Journal of Wood Science*. 67(24): 7p.

- Pérez-Olvera C. y Quintanar-Isaías A. 1994. Características anatómicas de la madera de cinco especies del estado de Jalisco, México. *Acta Botánica mexicana*. 27: 75-87.
- Quintanar-Isaías A., De Icaza-Herrea M., Ribvera-Nava L. y Pérez-Olvera C. 1998. Algunas características anatómicas y acústicas de tres especies de angiospermas de Huayacocotla, Veracruz. *Madera y bosques*. 4(1): 15-25.
- Quintanar-Isaías A., Jacobo-Villa M. A., López-Binnqüist C., Flores-Hernández N., Jaramillo-Pérez A T. y Pérez-Olvera C. 2012. La madera de *Trema micrantha* (L.) Blume de Veracruz. *Madera y Bosques*. 18(2): 79-91.
- Quintero-Gómez A. y Amado-Ariza S. M. 2017. Análisis de rasgos funcionales asociados a la madera en tres tipos de Bosques en Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal. Tesis de Licenciatura. 78p.
- Reed S. M. 2005. Cytological analysis of a *Clethra alnifolia* ‘Hoke Pink’ x *C. pringlei* hybrid. *Hortscience*. 40(2): 339-342.
- Reed S. M., Joung Y., y Rho M. 2002 Interspecific hybridization in *Clethra*. *Hortscience*. 37(2): 5p.
- Ruiz-Valencia J. A., Vázquez-Sánchez M., Burgos-Hernández M., Gutiérrez J. y Terrazas T. 2021. Anatomía de la madera de especies de *Forestiera* (Oleaceae) en México. *Acta Botánica mexicana*. 128. 17p.
- Ruzin S. E. 1999. *Plant microtechnique and microscopy*. Oxford: Oxford University Press. 322p.
- Terrazas T., Aguilar-Rodríguez S., López-Mata L. 2008. Wood anatomy and its relation to plant size and latitude in *Buddleja* L. (Buddlejaceae). *Interciencia*. 33: 46-50.
- Terrazas T. y Wendt T. 1995. Systematic wood anatomy of the genus *Tapirira* Aublet (Anacardiaceae): a numerical approach. *Brittonia*. 47: 109-129.

Villaseñor J. L. 2016. Catálogo de plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87: 559-902.

Valencia-Avalos S. 2010. Clethraceae. *Flora de Guerrero*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México. 42. 29p.

Vignote S., Martínez-Rojas I. y Villasante A. 2011. La silvicultura como primera operación de la transformación de la madera. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2 (4): 8p.