

ANÁLISIS ANATÓMICO Y MORFOLÓGICO DEL FRUTO DE UNA ESPECIE MEXICANA DE *TERNSTROEMIA*

AGUSTINA ROSA ANDRÉS-HERNÁNDEZ¹, OTHÓN ALCÁNTARA-AYALA²,
 HUGO LÓPEZ-CAMARILLO² E ISOLDA LUNA-VEGA^{2*}

¹ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Puebla, México.

² Laboratorio de Biogeografía y Sistemática. Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: luna.isolda@gmail.com

Resumen

Marco teórico: Los frutos de las especies de *Ternstroemia* presentan una complejidad morfológica y anatómica que dificulta su descripción taxonómica. En México, su información es limitada.

Pregunta: ¿Cómo son la morfología y anatomía del fruto de *Ternstroemia sierragordensis*?

Especie estudiada / Descripción de los datos: *Ternstroemia sierragordensis* Alc.-Ayala, Luna-Vega & Alvarado-Sizzo. Revisión bibliográfica, análisis morfológico y anatómico de frutos de *T. sierragordensis*.

Sitio de estudio y fecha: La Silleta, municipio de Xilitla, San Luis Potosí, México. 2024.

Métodos: Se realizó una revisión bibliográfica sobre los frutos de las 11 especies de *Ternstroemia* mexicanas. Se recolectaron 30 frutos de seis ejemplares de *T. sierragordensis*; se fijaron y procesaron mediante técnicas anatómicas estándar. Se realizaron observaciones con microscopio óptico y de EPI-fluorescencia para identificar estructuras y compuestos de la pared celular.

Resultados: *T. sierragordensis* presenta un fruto en cápsula bacciforme, subglobosa a cónica, glabra, bi- o trilobular, con 5-8 óvulos por lóculo y placentación axilar. El exocarpo es uniseriado; el mesocarpo contiene células parenquimatosas y braquiesclereidas parcialmente lignificadas; el endocarpo presenta celulosa cristalina. La fluorescencia mostró braquiesclereidas con monómeros de guayacilo y siringilo en tonos naranjas y residuos de fenoles o flavonoides en tonos verdes. El fruto es coriáceo-cartáceo, con dehiscencia rudimentaria y apertura irregular al madurar.

Conclusiones: La ausencia de lignificación en el endocarpo y la dehiscencia irregular sugieren un mecanismo de apertura asociado al crecimiento de las semillas. Los resultados evidencian la necesidad de estudios anatómicos comparativos en otras especies mexicanas de *Ternstroemia* para mejorar la comprensión taxonómica de éstas.

Palabras clave: fruto bacciforme, braquiesclereidas, epi-fluorescencia, Pentaphylacaceae, *Ternstroemia sierragordensis*.

Abstract

Background: The fruits of species in the genus *Ternstroemia* exhibit morphological and anatomical complexity that difficult their taxonomic description. In Mexico, detailed information on these characters is limited.

Questions: How are the morphological and anatomical characteristics of the fruit of *Ternstroemia sierragordensis*?

Studied species / Data description: *Ternstroemia sierragordensis* Alc.-Ayala, Luna-Vega & Alvarado-Sizzo. Bibliographic review and morphological and anatomical analyses of fruits of *T. sierragordensis*.

Study site and date: La Silleta, Xilitla municipality, San Luis Potosí, Mexico. 2024.

Methods: A literature review was conducted on descriptions of the fruits of the 11 Mexican *Ternstroemia* species. Thirty fruits from *T. sierragordensis* were collected from 6 specimens, fixed, and processed using standard anatomical techniques. Observations were made with optical microscopy and EPI-fluorescence to identify cell wall structures and components.

Results: *T. sierragordensis* bears a baccate capsule, subglobose to conical, glabrous, bi- or trilobular, with 5-8 ovules per locule and axile placentation. The exocarp includes an outer and an inner epidermis; the mesocarp contains parenchymatous cells and partially lignified brachysclereids; and the endocarp contains crystalline cellulose. Fluorescence showed brachysclereids with guaiacyl and syringyl monomers in orange tones and residues of phenols or flavonoids in green tones. The fruit is coriaceous to cartilaginous, with rudimentary dehiscence and irregular opening during maturation.

Conclusions: The absence of lignification in the endocarp and the irregular dehiscence suggest an opening mechanism associated with seed growth. The findings highlight the need for comparative anatomical studies of other Mexican *Ternstroemia* species to improve the taxonomic understanding of the genus.

Keywords: baccate fruit, braquiesclereids, epi-fluorescence, Pentaphylacaceae, *Ternstroemia sierragordensis*.

A nivel mundial y a lo largo de la historia natural del género *Ternstroemia* Mutis ex L.f., la descripción de los frutos ha sido confusa, ya que presentan una anatomía y morfología complejas que no han sido totalmente comprendidas, por lo que muchas veces han sido evadidas en los tratamientos taxonómicos (Kobuski 1961, Carranza-González 1999, González-Villareal 2001). En la actualidad, esta brecha de conocimiento persiste y se mantienen discrepancias en la definición de este órgano tan complejo. Ejemplos de ello se observan en las descripciones de las especies que habitan en México, Mesoamérica, África, Asia y Australia (Kobuski 1942, Barker 1980).

En el género *Ternstroemia*, el fruto se ha descrito insuficientemente tanto en especies americanas como en asiáticas, mencionándose poco en las claves de identificación como fruto de forma de baya coriácea, globosa, obvoide o cónica, usualmente indehisciente, pero, cuando abre, es mediante una apertura apical (Barker 1980, Carranza-González 1999, González-Villareal 2001).

Barker (1980) menciona que los frutos, no solo las flores en antesis, podrían considerarse como un carácter diagnóstico entre especies de *Ternstroemia* simpátricas de Papuasias, aunque remarca la necesidad de estudios sobre su variación intraespecífica. En el caso de las especies americanas, Kobuski (1942) reportó una clara diferenciación entre las especies mexicanas, las de América Central (Mesoamérica) y de América del Sur, consistente con sus caracteres morfológicos florales, nuevamente omitiendo información del fruto. También mencionó que los frutos de todas las especies descritas para México y América Central tenían sólo dos lóculos con cinco o seis óvulos por ovario. Sin embargo, Kobuski (1961) observó lóculos estériles en *T. kwangtungensis* Merr. (especie asiática), lo que puede ser evidencia de un carácter en transición hacia la reducción de los lóculos en este órgano.

Keng (1962) reconoció dos tipos de frutos en la familia Theaceae (*sensu lato*), la cual separó en dos subfamilias: Ternstroemioideae (actualmente Pentaphylacaceae Engl.) y Camellioideae (actualmente Theaceae Mirb. *sensu stricto*). En la subfamilia Ternstroemioideae se encontraron frutos abayados, como los de *Adinandra lasiostyla* Hayata, *Cleyera integrifolia* (Benth.) Choisy y *Ternstroemia gymnanthera* (Wight & Arn.) Bedd. En el caso de *T. gymnanthera*, este autor describe un pericarpo blando y coriáceo, de color marrón rojizo en la madurez, indehisciente, con semillas de 2 o 3 en cada lóculo y septos secos y cartilaginosos. Por el contrario, para la subfamilia Camellioideae, Keng (1962) reportó un fruto capsular, como ocurre en las especies de los géneros *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, *Franklinia alatomahia* Marshall y *Gordonia chrysandra* (Cowan) Hu ex B.M.Barthol. & T.L.Ming. Actualmente, con base en estudios moleculares y morfológicos (APG IV 2016), la familia Theaceae de Keng (1962) fue dividida en dos familias, Theaceae s.s. y Pentaphylacaceae.

Recientemente, Grande Allende & Castillo (2024) y Fonseca-Cortés & Grande Allende (2024) recopilaron algunas descripciones de especies de *Ternstroemia* a nivel mundial y describieron los frutos como de tipo capsular o bacciforme, con pericarpo de textura cartilaginosa y dehiscencia circuncisa o subvalvar, en raras ocasiones indehiscientes. Sin embargo, esta definición de los frutos sigue siendo incompleta (Moreno 1984, Jessop *et al.* 2011). La gran variabilidad del fruto representa un reto morfológico y anatómico que incluso ha propiciado la segregación de nuevas especies de *Ternstroemia* (Alcántara-Ayala *et al.* 2022, 2025).

Actualmente, la descripción de los frutos de las especies de *Ternstroemia* mexicanas es incompleta y para algunas especies no existe ninguna descripción del fruto, por ejemplo *T. lineata* subsp. *chalicophila* (Loes.) B.M.Barthol. (Bartholomew 1988). La mayoría de los autores sólo describieron la forma externa del fruto y el número de lóculos o semillas que presentan, omitiendo información anatómica diagnóstica y, en ocasiones, limitando la información a la apariencia externa del fruto a nivel de género, sin considerar el estadio de desarrollo de esta estructura (Grande Allende & Castillo 2024, Fonseca-Cortés & Grande Allende 2024).

Lo anterior ha acarreado problemas en la identificación de las especies de *Ternstroemia*, ya que es indispensable contar con el mayor número de caracteres morfológicos para evitar confusiones e identificaciones erróneas cuando no existen estructuras florales, que son, en general, necesarias para su determinación específica (Barker 1980, Alcántara-Ayala *et al.* 2025). Por este motivo, el objetivo de este trabajo fue describir la morfología y la anatomía del fruto de *Ternstroemia sierragordensis*, una especie recientemente descrita para México, con el fin de contribuir al esclarecimiento del concepto de este carácter diagnóstico del género.

Materiales y métodos

Colecta de material. Se recolectaron seis especímenes de *T. sierragordensis* de La Silleta, municipio de Xilitla, San Luis Potosí, los cuales fueron depositados en el herbario de la Facultad de Ciencias, (FCME), de la Universidad Nacional Autónoma de México, de cada ejemplar, se fijaron cinco frutos en distinto estado de desarrollo para el análisis. Los ejemplares revisados fueron los siguientes: San Luis Potosí: municipio de Xilitla, 717 m en línea recta del poblado de La Silleta. 21.458025 N, -9.057832 W, 1,207 m, 26 junio 2024. O. Alcántara-Ayala y R. Bustamante-García 9260 (FCME); 670 m en línea recta del poblado de La Silleta. 21.458025 N, -9.057832 W, 1,207 m, 26 junio 2024. O. Alcántara-Ayala y R. Bustamante-García 9261 (FCME); 640 m en línea recta del poblado de La Silleta. 21.458025 N, -9.057832 W, 1,207 m, 26 junio 2024. O. Alcántara-Ayala y R. Bustamante-García 9266 (FCME); 610 m en línea recta del poblado de La Silleta. 21.458025 N, -9.057832 W, 1,207 m, 26 junio 2024. O. Alcántara-Ayala y R. Bustamante-García 9269 (FCME); 720 m en línea recta del poblado de La Silleta. 21.458030 N, -9.057832 W, 1,207 m, 26 junio 2024. O. Alcántara-Ayala y R. Bustamante-García 9276 (FCME); 705 m en línea recta del poblado de La Silleta. 21.458020 N, -9.057828 W, 1,207 m, 26 junio 2024. O. Alcántara-Ayala y R. Bustamante-García 9292 (FCME).

Revisión bibliográfica. Para comparar los frutos de las diferentes especies de *Ternstroemia* mexicanas, se realizó una búsqueda bibliográfica especializada para reunir las descripciones disponibles de los frutos (Kobuski 1942, Carranza-González 1999, González-Villareal 2001, Berendsohn *et al.* 2016, Castillo-Campos & Palacios-Wassenaar 2019, Alcántara-Ayala *et al.* 2022, 2025, Tropicos 2025). Posteriormente, se compararon las características y el grado de información sobre este carácter diagnóstico que aportan los distintos autores.

Análisis anatómico. Microtecnica.- Treinta frutos de seis especímenes se recolectaron en dos estadios de desarrollo, los cuales se fijaron en solución FAA (Ruzin 1999) para su preservación. Las muestras se deshidrataron en alcoholes graduales (del 30 al 100 %) y se incluyeron en parafina para la microtecnica convencional (Johansen 1940). Los cortes histológicos de los frutos en plano transversal se realizaron a 12 µm de grosor con un micrótopo rotatorio marca Leica modelo RM 2125. Los cortes fueron teñidos con safranina O-verde rápido para diferenciar las paredes celulares de cada muestra (Márquez-Guzmán *et al.* 2016). Finalmente, los cortes fueron montados en resina sintética. Las descripciones de los frutos se realizaron siguiendo los criterios de Bobrov & Romanov (2019), y para la composición química de las paredes secundarias, se siguieron los criterios de Donaldson (2020) y Maceda *et al.* (2021).

Autofluorescencia.- Para reconocer el desarrollo del fruto de *T. sierragordensis*, las laminillas con muestras previamente procesadas de las etapas I y II, fueron observadas con microscopía de EPI-fluorescencia usando un microscopio Zeiss Axio Imager Z2, con una cámara AxioCam MRc 5 (Zeiss) y una fuente de luz fluorescente (Metal-halide, Zeiss HXP 120), siguiendo los métodos propuestos por Donaldson (2020), Kitin *et al.* (2020) y Maceda *et al.* (2024). Previo a la observación y para eliminar la fluorescencia indeseada, producto de los procesos de gelatinización y de los residuos de colorantes en las muestras, se realizó un proceso de fotoblanqueo de aproximadamente 10 minutos con un objetivo de 20×. Una vez eliminada la fluorescencia no deseada, se tomaron micrografías exponiendo las muestras a la luz de fluorescencia a baja intensidad entre 1-5 minutos, para evitar el fotoblanqueo de las estructuras observadas (Baldacci-Cresp *et al.* 2020).

Las tomas se realizaron con un cubo dicróico con tres bandas de excitación y emisión diferentes: 1) DAPI (azul) con una excitación de 365 nm y una emisión de 445/50 nm; 2) FITC (verde) con una excitación de 470/40 nm y una emisión de 525/50 nm; y 3) TRITC (rojo) con una excitación de 546/12 nm y una emisión de 575-640 nm (Maceda *et al.* 2022). Los ajustes de brillo y contraste de las imágenes completas obtenidas se realizaron con el programa Zen Blue 2.5 Lite (<https://www.zeiss.com/microscopy/es/productos/software/zeiss-zen.html>).

Resultados

Revisión bibliográfica. La revisión bibliográfica sobre la descripción morfológica de los frutos de las nueve especies y dos subespecies de *Ternstroemia* en México evidenció inconsistencias en los estudios taxonómicos y anatómicos

de este grupo de plantas. De los once taxones considerados, sólo para dos especies (*T. acajetensis* Cast.-Campos & Pal.-Wass. y *T. sierragordensis*) se menciona el tipo de apertura del fruto como longitudinal o irregular; para nueve especies se reporta el número de lóculos y el número de óvulos. Sólo la descripción de *T. acajetensis* contiene información sobre las semillas, y cuatro especies (*T. lineata* subsp. *chalicophila*, *T. lineata* subsp. *lineata*, *T. maltbya* Rose y *T. tepezapote* Schltdl. & Cham.) carecen de información ([Tabla 1](#)).

Tabla 1. Características de los frutos de las especies de *Ternstroemia* de México según la literatura especializada correspondiente.

Especie	Forma	Dehiscencia	Lóculos	Óvulos	Color	Semillas	Cubierta de la semilla
<i>Ternstroemia acajetensis</i> ¹	Cónico-elongado	Longitudinal a irregular	S/i	S/i	Amarillo-rojizo	(1-)3-6	Arilo de pelos rojos escarlata
<i>T. dentisepala</i> ²	Cónico largo	S/i	S/i	S/i	S/i	S/i	Amarillo-naranja a rojo intenso
<i>T. guerrensis</i> ³	Ovoide o cónico	S/i	Bilocular	8-9	Amarillo-ocre	S/i	Estructura carnosa roja
<i>T. huasteca</i> ⁴	Subgloboso a cónico	S/i	Bilocular	5-8	S/i	S/i	Papilas o pelos carnosos
<i>T. lineata</i> ⁵	Cónico largo	S/i	Bilocular	5-7	S/i	S/i	Arilo con papilas o pelos carnosos
<i>T. lineata</i> subsp. <i>chalicophila</i> ⁶	Cónico	S/i	Bilocular	5-7	S/i	S/i	S/i
<i>T. lineata</i> subsp. <i>lineata</i> ⁷	Clongado a cónico	S/i	Bilocular	5	S/i	S/i	S/i
<i>T. maltbya</i> ⁸	Subgloboso a cónico	S/i	Bilocular	5	S/i	S/i	S/i
<i>T. sierragordensis</i> ⁹	S/i	Ruptura irregular	Bi o trilocular	5-8	S/i	S/i	Sarcotesta papilosa roja
<i>T. sylvatica</i> ¹⁰	Ovado a cónico	S/i	Bilocular	5	S/i	S/i	Arilo con papilas o pelos carnosos rojos
<i>T. tepezapote</i> ¹¹	Ovado o cónico	S/i	Bilocular	4-5	Arilo papiloso rojo	S/i	S/i

Los superíndices en la primera columna corresponden a las referencias consultadas: 1) Castillo-Campos & Palacios-Wassenaar 2019; 2) González-Villareal 2001; 3) Alcántara-Ayala *et al.* 2022, 4) Carranza-González 1999, 5) Carranza-González 1999, González-Villareal 2001, 6) Kobuski 1942, 7) Kobuski 1942, Carranza-González 1999, 8) Kobuski 1942, González-Villareal 2001, 9) Alcántara-Ayala *et al.* 2025, 10) Kobuski 1942, Carranza-González 1999 y 11) Kobuski 1942, Berendsohn *et al.* 2016, Tropicos 2025. s/i: sin información.

Morfología. El fruto de *Ternstroemia sierragordensis* es una cápsula bacciforme, subglobosa a cónica, glabra que conserva los pétalos y el estilo hasta la madurez y abre de forma irregular, alcanzando un tamaño de 0.8-1.3(1.7) cm de largo y 0.8-1.2 cm de diámetro sin la cubierta de los pétalos. Estos frutos fueron separados por su tamaño y fase de desarrollo relativos: etapa I: 10 frutos con un tamaño promedio de 8.48 mm de largo y 6.78 mm de ancho; etapa II: 10 frutos con un promedio de 13.84 mm de largo y 14.23 mm de ancho ([Figura 1A-D](#)). Los frutos tienen 2-3 lóculos

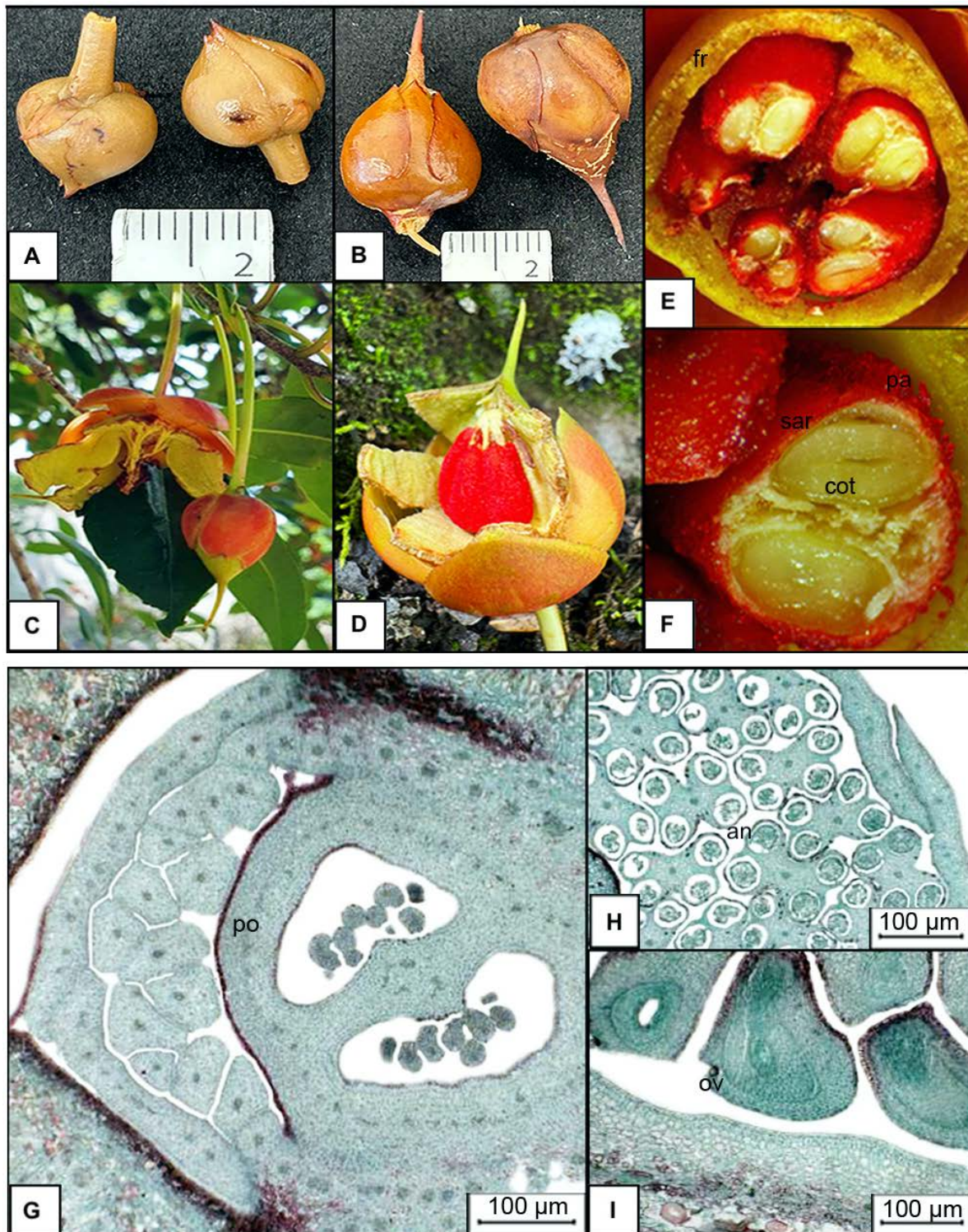


Figura 1. Fruto de *Ternstroemia sierragordensis*. A-F) morfología: A) etapa I del desarrollo; B) etapa II del desarrollo; C, D) fruto con dehiscencia irregular y sépalos y estilo persistentes; E) fruto bilocular con 5 semillas; y F) semilla con sarcotesta papilosa roja. G-I) anatomía celular del fruto: G) corte transversal del fruto inmaduro mostrando el ovario bilocular, con 8 óvulos en cada uno de los lóculos; H) anteras; e I) detalle de un óvulo en corte transversal. Abreviaturas: an = anteras, cot = cotiledones, fr = fruto, ov = óvulos, pa = papilas, po = pared del ovario, sar = sarcotesta.

con 2-3 (5) semillas maduras ([Figura 1E](#)). Las semillas presentan una sarcotesta roja (sensu Dr. Peter Stevens, com. pers.) con papilas del mismo color ([Figura 1F](#)). Los frutos se originan de un gineceo de ovario súpero, bi- o trilocular, con 5(7) a 8 óvulos en cada lóculo y placentación axilar; además, presentan alrededor de 35-45 estambres en una serie ([Figura 1G-I](#)).

Desarrollo del fruto en diferentes estadios. Etapa I.- El fruto está constituido por un exocarpo con epidermis uniseriada y contenidos rojos; el mesocarpo se constituye por una zona de células de parénquima turgentes de 25-30 células de grosor; en esta matriz se observan escasas braquiesclereidas ([Figura 2A](#)). En la zona cercana al endocarpo, las células de parénquima son turgentes y el endocarpo presenta células sin engrosamientos aparentes de la pared ([Figura 2B](#)).

Con microscopía de fluorescencia, las células parenquimáticas se observan de color rojo, con pared primaria compuesta por celulosa y las braquiesclereidas con emisiones de luz blanca por la acumulación de lignina. El endocarpo es una capa uniseriada con paredes primarias ([Figura 1C, D](#)).

Etapa II.- En el exocarpo, la epidermis conserva células con contenidos rojos. En el mesocarpo se reduce el número de células de parénquima, mientras que aumenta el de braquiesclereidas ([Figura 2E](#)). El endocarpo presenta células con paredes engrosadas, y la semilla presenta un tegumento interno de pocas células de grosor. La testa externa de las semillas es multicelular con células de paredes engrosadas, envuelta por una sarcotesta con contenidos rojos ([Figura 2F](#)).

Durante la etapa II, se reconocen dos zonas en el mesocarpo: el mesocarpo externo con abundantes braquiesclereidas y parénquima colapsado y el mesocarpo interno con células de parénquima que se mantienen turgentes ([Figura 2G](#)). El endocarpo está constituido por una banda continua de células con paredes engrosadas en las vistas transversales y longitudinales ([Figura 1G, H](#)). Las braquiesclereidas se observan con bandas verdes y tonos naranjas en microscopía de luz, y con tonos rojos y naranjas en fluorescencia debido a la presencia de lignina de variada composición y densidad en su pared ([Figura 2I, J](#)).

En cuanto a la emisión de fluorescencia de la lignina en las braquiesclereidas del mesocarpo, es probable que su composición predomine monómeros de guayacilo y una menor cantidad de siringilos, que causan una emisión de fluorescencia en tonos naranjas ([Figura 2I](#)). Las paredes secundarias S1 y S2 presentan tonos naranjas, mientras que las paredes primarias y la secundaria S3 exhiben tonos rojos debido a la celulosa ([Figura 2K](#)).

Los tonos verdes observados en el fondo de la [Figura 2I](#) y [2K](#) probablemente sean residuos de metabolitos secundarios, como fenoles o flavonoides (Donaldson 2020, Kitin *et al.* 2020). Los tonos de rojo en el engrosamiento de las paredes celulares del endocarpo indican una acumulación de celulosa cristalina, principalmente en las paredes secundarias S2; sin embargo, en las paredes más gruesas, algunas células no acumulan esta celulosa ([Figura 2I, K, L](#)). En esta zona del endocarpo no se observa lignina.

Dehiscencia del fruto. El pericarpo no presenta una línea de dehiscencia. No existe evidencia histológica de esta línea ni en corte transversal ni en longitudinal, ni se observa adelgazamiento del tejido. Tampoco se observa el desarrollo de células específicas que permitan la apertura valvar, por lo que el fruto se abre de forma irregular.

Discusión

Revisión bibliográfica. Desde el siglo pasado, Keng (1962) reconoció los frutos de la subfamilia Ternstroemioideae (actualmente reconocida como Pentaphylacaceae sensu APG IV 2016) como bayas. Tal es el caso de *Adinandra lasiostyla* y *Cleyera integrifolia*. En el caso de *Ternstroemia gymnanthera*, este mismo autor sugirió que el fruto presenta un pericarpo blando y coriáceo, de color marrón rojizo en la madurez, indehisciente, con 2-3 semillas por lóculo y septos secos y cartilaginosos, clasificándolo como fruto abayado. La descripción detallada del fruto de las especies de *Ternstroemia* mexicanas es incompleta, y es de interés taxonómico como cualquier carácter morfológico (Barker 1980).

La carencia de datos y especificaciones sobre los frutos y semillas de las once especies mexicanas ha limitado la separación de las especies, ya que estas estructuras aportan información valiosa para su identificación (Kobuski

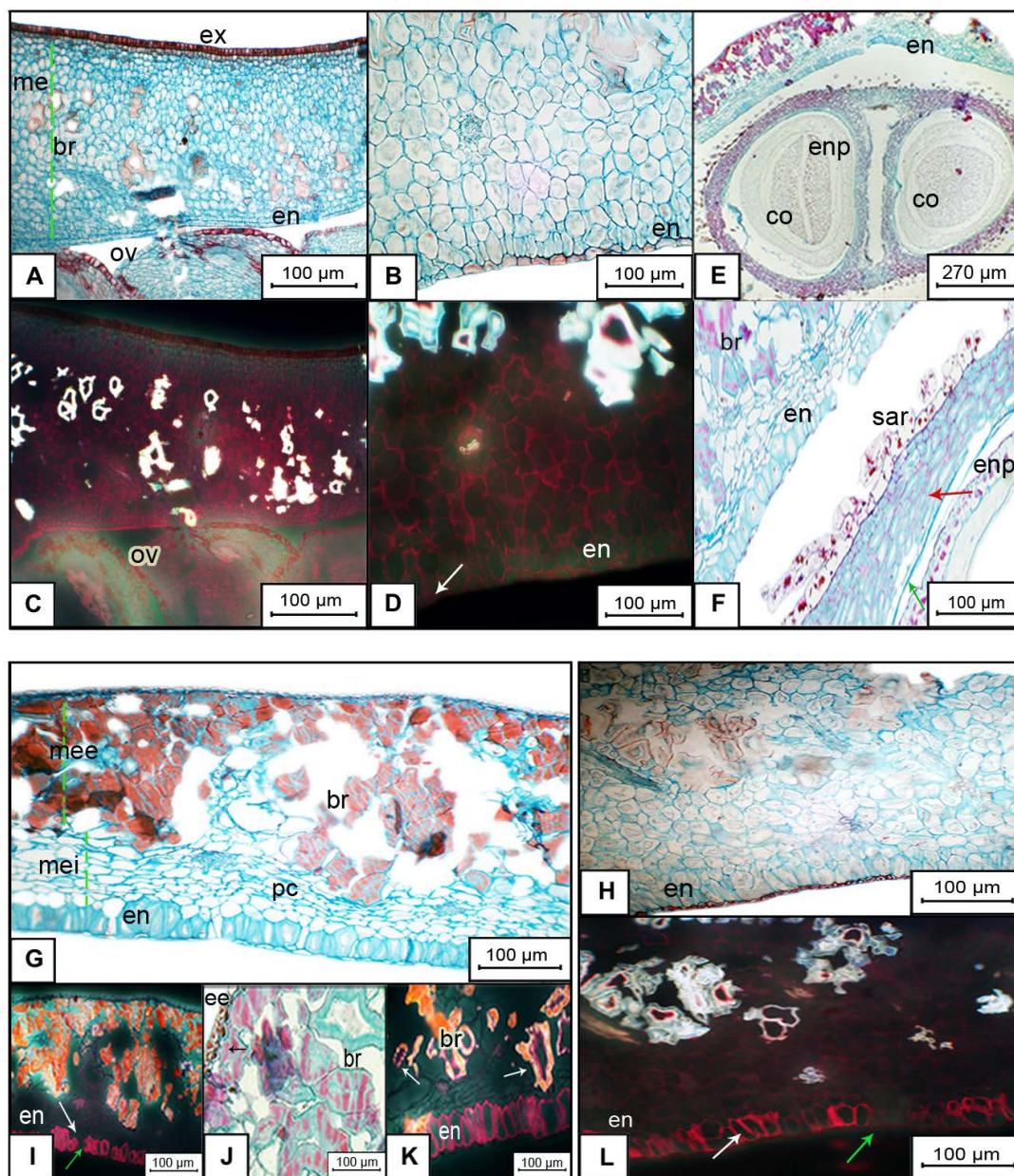


Figura 2. Anatomía celular del fruto de *Ternstroemia sierragordensis*. A-D) etapa I de desarrollo: A) vista transversal del fruto con exocarpo uniseriado con contenidos rojos y mesocarpo con escasas braquiesclereidas; B) acercamiento de la región del mesocarpo y endocarpo, con parénquima turgente y endocarpo con paredes delgadas; C) vista transversal del mesocarpo con fluorescencia, denotando un parénquima rojo y braquiesclereidas blancas; y D) acercamiento del endocarpo con fluorescencia, sin células con paredes engrosadas. E-L) etapa II de desarrollo: E) vista transversal del pericarpo maduro con detalle de la testa, el endospermo y los cotiledones de una semilla; F) detalle del endocarpo y la semilla con sarcotesta compuesta por células con contenidos rojos, señaladas con la flecha roja; G y H) vista transversal y longitudinal del pericarpo con acumulación de braquiesclereidas y células del endocarpo con paredes engrosadas; I) fluorescencia del corte transversal de fruto, braquiesclereidas con contenidos anaranjados de monómeros de guayacilo, rojos de celulosa y endocarpo con engrosamiento de celulosa cristalina de color rojo; J) corte transversal de fruto con braquiesclereidas con bandas verdes y rojas; y K y L) endocarpo con acumulación de celulosa cristalina. Abreviaturas: br = braquiesclereidas, co = cotiledones, ee = epidermis externa, en = endocarpo, enp = endospermo, ex = exocarpo, me = mesocarpo, mee = mesocarpo externo, mei = mesocarpo interno, ov = óvulo, pc = parénquima colapsado, sar = sarcotesta. Las líneas verdes señalan la ubicación del mesocarpo en las fases I y II de maduración. Las flechas rojas y blancas señalan los engrosamientos de la pared celular y las verdes señalan células con paredes delgadas.

1961, Carranza-González 1999, González-Villareal 2001, Alcántara-Ayala *et al.* 2025). Esta problemática también ha dificultado la definición del término que recibe el tegumento que recubre las semillas. Distintos autores han descrito esta estructura como arilo, sarcotesta, papilas, pelos, o como una simple estructura carnosa, sin brindar evidencias anatómicas precisas (Carranza-González 1999, González-Villareal 2001, Castillo-Campos 2019 & Palacios-Wassenaar 2019, Alcántara-Ayala *et al.* 2022, 2025).

En otros grupos, como en el caso de algunas especies de *Milla* Cav., *Hechtia* Klotzsch y *Graptopetalum* Rose, el conocimiento específico reciente sobre las estructuras anatómicas ha permitido diferenciar complejos de especies que requieren análisis morfológicos más finos (Espejo-Serna *et al.* 2007, González-Rocha *et al.* 2014, García-Mendoza *et al.* 2023, Gutiérrez & Terrazas 2023). En el caso de *T. sierragordensis*, la realización de estudios moleculares y anatómicos avanzados sobre los caracteres morfológicos de frutos, semillas y flores, así como de otras estructuras, permitió esclarecer su identidad como independiente de *T. huasteca* B.M.Barthol. (Alcántara-Ayala *et al.* 2025).

Anatomía. Los estudios de Keng (1962) sobre la anatomía del fruto de *Cleyera theoides* (Sw.) Choisy, demostraron que está compuesto principalmente por células parenquimatosas de paredes delgadas, con numerosas esclereidas y elementos vasculares dispersos, en comparación con el pericarpo de *T. gymnanthera*, donde las esclereidas son cortas. Esta descripción concuerda con lo encontrado en este estudio para *T. sierragordensis* respecto a la presencia de braquiesclereidas en el mesocarpo y el endocarpo.

A nivel anatómico, la cápsula bacciforme de *T. sierragordensis*, presenta braquiesclereidas en el mesocarpo externo y una línea continua de células con paredes engrosadas en el endocarpo; este tipo de organización celular es similar al grupo de frutos que Bobrov & Romanov (2019) han clasificado como cápsula tipo *Lilium*. Sin embargo, en *T. sierragordensis* no se observa lignificación en el endocarpo. Por otro lado, en *T. sierragordensis* no se observaron evidencias específicas de líneas de dehiscencia o de zonas celulares de ruptura especial, por lo que los frutos se rompen de manera irregular, posiblemente debido a la presión del crecimiento y maduración de las semillas (2-3 por lóculo) o a la desecación del propio pericarpo (Weitzman *et al.* 2004).

De manera similar a lo encontrado, Barker (1980) describió el fruto de especies de *Ternstroemia* de Papuasía como indehisciente o que se rompe de forma irregular. Ya en el siglo XXI, Weitzman *et al.* (2004) mencionaron que en *Ternstroemia* y, probablemente, en *Anneslea* Wall., los frutos son dehiscientes irregularmente y la ruptura puede deberse a la expansión de las semillas en maduración. Cuando los frutos se abren, las semillas cuelgan y “la brillante sarcotesta (se muestra) a los pájaros”.

El fruto de *T. sierragordensis* presenta abundantes braquiesclereidas y un endocarpo con células de paredes engrosadas. Sin embargo, los resultados de fluorescencia revelaron braquiesclereidas con guayacilos, monómeros similares a los presentes en maderas blandas (*e.g.*, *Pinus* L., *Abies* Mill., entre otros) y celulosa en la pared primaria y en la capa S3 de la pared secundaria no lignificada (Butterfield & Meyland 1980, Zhong *et al.* 2018). El endocarpo presenta células con paredes secundarias engrosadas que, generalmente, deberían estar lignificadas (Dardick & Callahan 2014) pero en *T. sierragordensis* están compuestas predominantemente de celulosa cristalina. Esta es la razón por la que el pericarpo presenta consistencia coriácea-cartácea.

Los recientes estudios de Grande Allende (2018), Fonseca-Cortés & Grande Allende (2024) y Grande Allende & Castillo (2024) propusieron, para las especies del género *Ternstroemia* de varios países de América del Sur, la existencia de frutos capsulares con dehiscencia septífraga viscida o de auténticos pixidios con dehiscencia basal. Desafortunadamente, en sus evidencias morfológicas y anatómicas no se observan dichas características para su corroboración y contraste con otras especies del género.

Bobrov & Romanov (2019) señalaron que algunas especies presentan mecanismos rudimentarios de dehiscencia y que los frutos pueden estar sometidos a ciertos tipos de impacto, como la presión del embrión y de los cotiledones en crecimiento. Al parecer, este es el caso de *Ternstroemia sierragordensis*.

Por otro lado, en estudios filogenéticos, bioquímicos y fisiológicos en otros grupos como el de las brasicáceas, se ha demostrado que el proceso de dehiscencia del fruto está determinado genéticamente en los frutos de tipo cápsula y regulado por la expresión de genes específicos en cada zona del pericarpo y en la zona de dehiscencia (Mühlhausen

et al. 2013). Estos estudios abren la posibilidad de que, si el fruto de *T. sierragordensis* no presenta una clara línea de dehiscencia, se deba a que no hay genes implicados en dicho proceso, lo que se traduce en la ruptura irregular observada en el fruto, sin embargo, consideramos que se requieren más estudios sobre los frutos de otras especies de *Ternstroemia* mexicanas para poder hacer generalizaciones válidas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Roberto Pedraza, Rubí Bustamante García, Julio César Ramírez, Raúl Contreras Medina, Hernán Alvarado Sizzo y Paulino Gómez Garay por su trabajo en campo y a Abel Resendiz por su guía en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Al Dr. Agustín Maceda por el apoyo en la microscopía de fluorescencia. Por último, al editor y a los revisores anónimos que tuvieron a bien revisar este manuscrito.

Literatura citada

- Alcántara-Ayala O, Luna-Vega I, Alvarado-Sizzo H. 2025. *Ternstroemia sierragordensis* (Pentaphylacaceae), a new cloud forest tree species from Querétaro and San Luis Potosí, Mexico. *Phytotaxa* **705**: 247-259. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.705.3.2>
- Alcántara-Ayala O, Maradiaga-Ceceña FS, Luna-Vega I, Alvarado-Sizzo H. 2022. *Ternstroemia guerrerensis* (Pentaphylacaceae), a new endangered cloud forest tree from Guerrero, Mexico. *Phytotaxa* **561**: 162-172. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.561.2.4>
- APG IV [Angiosperm Phylogeny Group]. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* **181**: 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Baldacci-Cresp F, Spriet C, Twyffels L, Blervacq AS, Neutelings G, Baucher M, Hawkins S. 2020. A rapid and quantitative safranin-based fluorescent microscopy method to evaluate cell wall lignification. *The Plant Journal* **102**: 1074-1089. DOI: <https://doi.org/10.1111/tpj.14675>
- Barker WR. 1980. Taxonomic revisions in Theaceae in Papuasias. I. *Gordonia*, *Ternstroemia*, *Adinandra* and *Archboldiodendron*. *Brunonia* **3**: 1-60.
- Bartholomew BM. 1988. New species and a new combination of Mexican Theaceae. *Phytologia* **64**: 457-458. DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.part.29752>
- Berendsohn WG, Gruber AK, Rodríguez-Delcid D, Olmedo-Galán P. 2016. Nova silva Cuscatlanica. *Árboles nativos e introducidos de El Salvador. Parte 3: Angiospermae - Familias R a Z y Gymnospermae*. El Salvador: Botanic Garden and Botanical Museum Berlin & Asociación Jardín Botánico La Laguna. ISBN: 978-3-946292-03-6
- Bobrov CAVF, Romanov MS. 2019. Morphogenesis of fruits and types of fruit of angiosperms, *Botany Letters* **166**: 366-399. DOI: <https://doi.org/10.1080/23818107.2019.1663448>
- Butterfield BG, Meylan BA. 1980. The structure of softwoods. In: Butterfield BG, Meylan BA, eds. *Three-dimensional structure of wood. An ultrastructural approach*. Dordrecht: Springer, pp. 28-47. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-8146-4>
- Carranza-González E. 1999. *Theaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes* **73**: 1-16
- Castillo-Campos G, Palacios-Wassenaar OM. 2019. *Ternstroemia acajetensis* (Pentaphylacaceae), a new species from the cloud forest in central Veracruz, Mexico. *Phytotaxa* **418**: 211-218. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.418.2.6>
- Dardick C, Callahan AM. 2014. Evolution of the fruit endocarp: molecular mechanisms underlying adaptations in seed protection and dispersal strategies. *Frontiers in Plant Science* **5**: 1-10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00284>
- Donaldson L. 2020. Autofluorescence in plants. *Molecules* **25**: 2393. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25102393>
- Espejo-Serna A, López-Ferrari AR, Ramírez-Morillo I, Martínez-Correa N. 2007. Dos nuevas especies de *Hechtia* (Bromeliaceae) de México. *Acta Botanica Mexicana* **78**: 97-109. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm78.2007.1033>

- Fonseca-Cortés A, Grande Allende JR. 2024. Sertulum Ternstroemiacearum VI. Revisiting the Colombian *Ternstroemia* (Ternstroemiaceae): a clarification of the taxa present in the country and four new species. *Systematic Botany* **49**: 427-443. DOI: <https://doi.org/10.1600/036364424X17194277229610>
- García-Mendoza AJ, Sandoval-Gutiérrez D, López SA, Pérez-Calix E. 2023. *Graptopetalum irmasoniae* (Crassulaceae), una especie nueva de Oaxaca, México, y lectotipificación de *G. macdougallii*. *Acta Botanica Mexicana* **130**: e2253. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2253>
- González-Rocha E, Cerros-Tlatilpa R, Espejo-Serna A. 2014. Una nueva especie de *Hechtia* (Bromeliaceae: Hechioideae) del estado de Morelos, México. *Acta Botanica Mexicana* **109**: 45-54. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm109.2014.1147>
- González-Villareal LM. 2001. *La familia Theaceae en el estado de Jalisco, México*. México: Universidad de Guadalajara. ISBN: 970-27-0086-8
- Grande Allende JR. 2018. Sertulum Ternstroemiacearum II: *Ternstroemia tepuiensis* J.R.Grande, sp. nov. (Ternstroemiaceae), especie nueva del Escudo Guayanés. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* **75**: e066. DOI: <https://doi.org/10.3989/ajbm.2486>
- Grande Allende JR, Castillo A. 2024. Sertulum Ternstroemiacearum VII. Sinopsis del género *Ternstroemia* (Ternstroemiaceae) en Venezuela. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* **81**: e145. DOI: <https://doi.org/10.3989/ajbm.609>
- Gutiérrez J, Terrazas T. 2023. Seis nuevas especies de *Milla* (Asparagaceae: Brodiaeoideae) de México. *Acta Botanica Mexicana* **130**: e2236. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2236>
- Jessop JP, Toelken HR, Kellermann J. 2011. Glossary of botanical terms (version 1). In: Kellermann J. ed. *Flora of South Australia*. Australia: State Herbarium of South Australia pp. 1-24. ISBN 978-1-922027-16-0
- Johansen DA. 1940. *Plant microtechnique*. United States of America: McGraw Hill.
- Keng H. 1962. Comparative morphological studies in Theaceae. University of California *Publications in Botany* **33**: 269-383.
- Kitin P, Nakaba S, Hunt CG, Lim S, Funada R. 2020. Direct fluorescence imaging of lignocellulosic and suberized cell walls in roots and stems. *AoB Plants* **12**: 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plaa032>
- Kobuski CE. 1942. Studies in the Theaceae, XIII: notes on the American and Central American species of *Ternstroemia*. *Journal of the Arnold Arboretum* **23**: 464-478.
- Kobuski CE. 1961. Studies in the Theaceae, XXXIII: variation in the fruit of *Ternstroemia kwangtungensis*. *Journal of the Arnold Arboretum* **42**: 426-429.
- Maceda A, Andrés-Hernández AR, Terrazas T. 2024. Protocol to analyse the structural composition by fluorescence microscopy and different conventional and fluorescence staining methods. *MethodsX* **13**: 102999. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102999>
- Maceda A, Reyes-Rivera J, Soto-Hernández M, Terrazas T. 2021. Distribution and chemical composition of lignin in secondary xylem of Cactaceae. *Chemistry & Biodiversity* **18**: e2100431 DOI: <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100431>
- Maceda A, Soto-Hernández M, Terrazas T. 2022. Cellulose in secondary xylem of Cactaceae: crystalline composition and anatomical distribution. *Polymers* **14**: 4840. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14224840>
- Márquez-Guzmán J, Wong R, Pérez-Pacheco M, López-Curto L, Murguía-Sánchez G. 2016. *Técnicas de laboratorio para el estudio del desarrollo de angiospermas*. México: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 9786070282522
- Moreno NP. 1984. *Glosario botánico ilustrado*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos.
- Mühlhausen A, Lenser T, Mummenhoff K, Theißen G. 2013. Evidence that an evolutionary transition from dehiscent to indehiscent fruits in *Lepidium* (Brassicaceae) was caused by a change in the control of valve margin identity genes. *The Plant Journal* **73**: 824-835. DOI: <https://doi.org/10.1111/tpj.12079>
- Ruzin SE. 1999. *Plant microtechnique and microscopy*. United Kingdom: Oxford University Press.

- Tropicos. 2025. *Ternstroemia tepezapote*. Missouri Botanical Garden. United States of America. <http://www.tropicos.org/Name/31601> (acceso el 18 de junio, 2025).
- Weitzman AL, Dressler S, Stevens PF. 2004. Ternstroemiaceae. In: Kubitzki K. ed. *The Families and Genera of Vascular Plants* 6. Germany: Springer. pp. 450-460. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-07257-8_47
- Zhong R, Dongtao C, Zheng-Hua Y. 2018. Secondary cell wall biosynthesis. *New Phytologist* **221**: 1703-1723. Doi: <https://doi.org/10.1111/nph.15537>

Associate editor: Monserrat Vázquez Sánchez

Contribución de los autores: Primer autor: ARAH análisis histológico, análisis de resultados y escritura; segundo autor: OA-A colecta de material y análisis de resultados; tercer autor HL-C compilación bibliográfica, análisis de resultados y escritura; cuarto autor: IL-V análisis de resultados y escritura.

Entidades financiadoras: DGAPA-PAPIIT UNAM 219424 y SECIHTI CBF-2025-G-499.

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existe conflicto de interés, financiero o personal en la información, presentación de datos y resultados de este artículo.