



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

Ficus cotinifolia Kunth (Moraceae): Variación morfo-
anatómica de la hoja

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

MAURICIO HERNÁNDEZ GALLARDO

Directora de tesis
Dra. en C. SILVIA AGUILAR RODRÍGUEZ

LOS REYES IZTACALA, TLANEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO

2021





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.

DEDICATORIAS

Un gran Reconocimiento, para mi madre Aurora Gallardo Vargas por brindarme siempre el apoyo, entendimiento, paciencia y sus enseñanzas para la vida, sin dejar su amor incondicional, te quiero mamá.

A mis hermanos Elizabeth Her. Gall. y Rafael Her. Gall quienes siempre me dan su compañía y cariño, aunque no siempre estemos de acuerdo.

Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa.

Mahatma Gandhi.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, la cual me brindó los estudios para llevar a cabo mi carrera profesional.

A mi directora de tesis la Dra. Silvia Aguilar Rodríguez por su dirección, ayuda y paciencia para la realización de este trabajo, además de la oportunidad y confianza dada para continuar con mi aprendizaje (Gracias).

A los sinodales Dr. José Daniel Tejero Díez, Mtra. C. Dalia Grego Valencia, Mtra. C. Edith López Villafranco y Mtra. C. María Patricia Jacquez Ríos por integrar el jurado, asimismo, por sus comentarios en la revisión y aprobación de este trabajo.

A la Mtra. C. Dalia Grego Valencia por su dirección, apoyo en el laboratorio y enseñanzas para mi mejoramiento.

A mis compañeras de laboratorio Rosalba Luna Céspedes por su destacable asesoría en el análisis estadístico y ejemplares de campo; a Carmen Laureano Abreo por su apoyo, para completar el desarrollo histológico de este trabajo, entre otros quienes aportaron con sus ideas José Eduardo León y Andrés Ramírez.

ÍNDICE

Introducción	1
Antecedentes	3
Objetivos	4
Objetivo general	4
Objetivos particulares.....	4
Material y Método	5
Resultados	13
Caracteres morfológicos.....	13
Caracteres anatómicos.....	21
Análisis de correlación.....	36
Análisis de similitud.....	37
Discusión	42
Morfo-Anatomía foliar de <i>F. cotinifolia</i> con respecto a otras especies del subgénero <i>Urostigma</i>	42
Correlación coordinada geográfica / carácter de <i>F. cotinifolia</i>	50
Caracteres que definen los grupos por similitud.....	52
Conclusión	55
Referencias	57
Apéndices	66
Apéndice I	66
Apéndice II.....	69

INTRODUCCIÓN

El género *Ficus* L. (Moraceae) destaca por su riqueza específica; se estima que existen entre 700 y 750 especies que se distribuyen en África, América, Asia y Australia (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2012). Son plantas específicas de la selva tropical y crecen como hemiepífitas (un grupo que incluye higos estranguladores), grandes lianas leñosas y árboles caulifloros (Harrison, 2005). Una de sus cualidades radica en ser proveedores alimenticios de fauna silvestre, ya que sus frutos son comestibles; además, el látex de algunas especies ha sido estudiado con fines médicos (Hashemi *et al.*, 2011). También *Ficus* en México es de importancia florística y ecológica; se reconocen alrededor de 22 especies; 17 de éstas pertenecen al subgénero *Urostigma* y cinco a *Pharmacosycea* (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2012). *Ficus cotinifolia* Kunth, pertenece al subgénero *Urostigma*, es una de las especies de mayor distribución en el país; localizándose, junto con *Ficus pertusa* L. f., en 24 entidades federativas de la República Mexicana (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2012; Serrato *et al.*, 2004) extendiéndose también hasta América central; habita preferentemente en el bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque de galería y con menor frecuencia en el bosque de *Quercus*. Serrato *et al.*, (2004) mencionan que *F. cotinifolia* puede ser encontrada en ocho de los 10 tipos de vegetación reconocida por la clasificación de (Rzedowski, 1981). Además, el intervalo altitudinal de esta especie es amplio, encontrándose entre los 250 y 1,850 m s.n.m. (González-Castañeda *et al.*, 2010). *F. cotinifolia* se caracteriza por sus yemas foliares lanosas, con el indumento blanco, ostiolo aplanado, brácteas basales persistentes, pilosas por la cara interna y puberulentas por la externa y por su primer par de venas secundarias que se extienden desde la base hasta un tercio o la mitad de la longitud de la lámina (González-Castañeda *et al.*, 2010; Fig. 1).

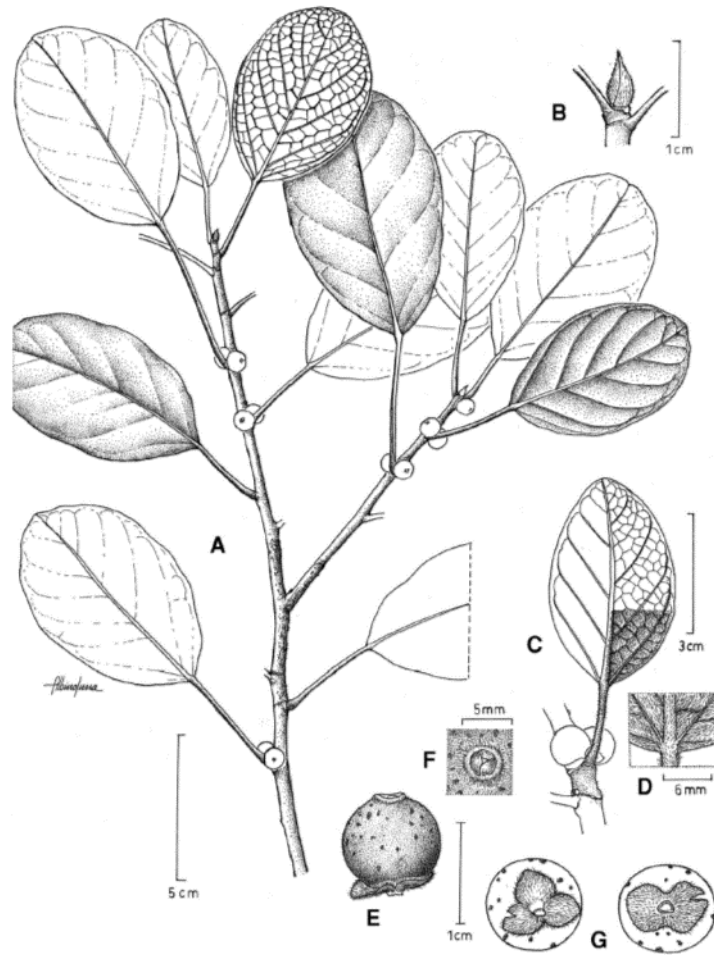


Figura 1. Caracteres morfológicos de *F. cotinifolia*: **A)** Rama con siconos; **B)** Yema foliar terminal; **C)** Detalle de la venación de la hoja; **D)** Pubescencia de la hoja; **E)** Vista dorsal del sicono; **F)** Ostiolo del sicono; **G)** Brácteas basales del sicono (tomado de Ibarra-Manríquez *et al.*, 2012).

Sin embargo, Ibarra-Manríquez *et al.* (2012) reconocen que *F. cotinifolia* representa un complejo taxonómico con gran variación morfológica, mostrándose particularmente en la pubescencia, tamaño y forma de las hojas; incluso dentro de un mismo individuo, llegando a confundir con *Ficus crassinervia* Desf. ex Willd y *Ficus pringlei* S. Watson, especialmente cuando los ejemplares carecen de higos, o presentan hojas inmaduras. Asimismo, Ibarra-Manríquez *et al.* (2012) proponen que para delimitar adecuadamente el estatus taxonómico de *F. cotinifolia*, se requiere de un estudio que abarque toda su área de distribución. En este sentido, la anatomía vegetativa ha aportado datos sobre la estructura anatómica de la hoja de varias especies de *Ficus*

con fines taxonómicos (Carvajal y Shabes, 2005), pero no se cuenta con estudios específicos que describan sobre la posible variación anatómica de la hoja de *F. cotinifolia*.

ANTECEDENTES

En diversos países se ha estudiado la anatomía foliar de numerosas especies de *Ficus* con enfoques taxonómicos (Sonibare *et al.*, 2006; Chantarasuwan *et al.*, 2014), ecológicos (Cabrera *et al.*, 2009; Bercu y Popoviciu, 2014) y medicinales (Chauhan *et al.*, 2013; Ukwubile, 2013; Babu *et al.*, 2010; Khan *et al.*, 2011; Mamoucha *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2012). Entre otros, también se reportan los meramente descriptivos (Morales y Saralegui, 2012; Nur Fatihah *et al.*, 2014).

En México, un estudio sobre anatomía foliar en *Ficus* es el de Carvajal y Shabes (2005), quienes compararon 35 especies americanas para evaluar el significado taxonómico de la anatomía del pecíolo. Con base en sus resultados ellos logran establecer las características distintivas entre los subgéneros *Pharmacosycea* y *Urostigma* y determinar la posible tendencia evolutiva del sistema de conducción. Un estudio que aborda la variación intraespecífica morfo-anatómica en hoja de *Ficus*, es el de Piedra-Malagón *et al.* (2011) quienes refieren la variación clinal y límites en *Ficus petiolaris* Kunth. Los caracteres con diferencias morfológicas que contribuyeron en este estudio fueron la longitud del pecíolo, el ancho de la hoja y el diámetro del ostiolo de la higuera; dentro de los atributos anatómicos ellos describen la deposición de capas de cera y la frecuencia media de estomas entre poblaciones. Como en este último trabajo, los estudios anatómicos sobre variación intraespecífica tienen un valor en el campo de la anatomía ecológica, así como en la taxonomía, lo cual puede derivar en establecer los límites de variación de una determinada especie.

En la medicina herbolaria este tipo de estudios es de suma importancia para *Ficus*, ya que varias de sus especies son reconocidas a nivel mundial con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y analgésicas, entre otras (García, 2015; Rodríguez-Tapia, 2012; Suárez y Mereles, 2006; Vázquez, 1981; Molina, 2011; Kumar *et al.*, 2010; Faiyaz y Asna, 2010; Chukwuemeka *et al.*, 2012). Para el caso de *F. cotinifolia*, en México es reconocida como una planta medicinal (Nava *et al.*, 2001). En este sentido, el control de calidad requiere de registrar posibles variantes estructurales que puedan reforzar la certificación de plantas; sobre todo cuando se trata de una especie cuyos límites taxonómicos no se conocen del todo.

En el estudio que realizan Ibarra-Manríquez *et al.* (2012) sobre el género *Ficus* en México, puntualizan la importancia de llevar a cabo una reorganización del complejo *F. cotinifolia*, así como una correlación entre sus variables estructurales y ecológicas, debido a la amplia distribución y variación morfológica en sus hojas. Es por ello, que en el presente trabajo se registró la variación de caracteres morfo-anatómicos foliares de *F. cotinifolia* a lo largo de su distribución en la República Mexicana.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

1. Delimitar la posible plasticidad fenotípica de *F. cotinifolia* a lo largo de su distribución natural en la República Mexicana.

OBJETIVOS PARTICULARES

2. Describir caracteres morfo-anatómicos de la lámina foliar de *F. cotinifolia*
3. Correlacionar caracteres morfo-anatómicos de la lámina con la ubicación geográfica de los individuos, para determinar algún cambio de los caracteres en distintas ubicaciones geográficas.

4. Evaluar caracteres morfo-anatómicos de la lámina de *F. cotinifolia*, a través del análisis de similitud, en la búsqueda de agrupaciones que puedan estar asociadas con la distribución de la especie.

MATERIAL Y MÉTODO

Obtención de especímenes y datos: Para el estudio morfo-anatómico foliar y con la finalidad de abarcar la mayoría de las provincias fisiográficas donde se distribuye la especie, se obtuvieron 38 hojas maduras; del herbario MEXU fueron 32, todos procedentes de diferentes entidades federativas de la República Mexicana; seis ejemplares se recolectaron directamente del campo, (Cuadro 2, Fig. 2). De los ejemplares consultados en el herbario MEXU, se obtuvieron fotografías y se anotaron los datos que aportaban las etiquetas como: entidad federativa, localidad, tipo de vegetación, altitud, coordenadas y usos, entre otros. Los ejemplares recolectados en campo se depositaron en el herbario IZTA (*Campus Iztacala* de la UNAM).

Trabajo de laboratorio: Los 38 ejemplares se usaron para realizar la descripción morfológica con base en lo propuesto por Hickey (1973) y Piedra-Malagón *et al.* (2011); se tomaron en cuenta nueve caracteres morfológicos, cinco cualitativos y cuatro cuantitativos (Cuadro 1). Las mediciones de la lámina foliar se realizaron con el programa Image J (National Institutes of Health, 2019). ocho ejemplares se diafanizaron siguiendo la técnica propuesta por Aguilar-Rodríguez (1998) para la observación de la venación en general y se elaboraron dibujos empleando el programa Corel DRAW X3 (Corel Corporation, 2007).

De los 38 ejemplares, se utilizaron 12 para el estudio anatómico; los que se encontraban herborizados se colocaron en NaOH al 10% por 15-30 min., posteriormente se pusieron en agua

corriente por 10 min. y se fijaron durante 24 hrs en FAA (formaldehído al 37% 10 ml, ácido acético glacial 5 ml, etanol 95% 50 ml, agua destilada 35 ml; Ruzin, 1999); también se fijó en FAA el material colectado directamente en campo. Para continuar, todo el material se lavó en agua corriente y se colocó en GAA (glicerina, alcohol, agua destilada 1:2:3) hasta su corte. Se obtuvieron cortes transversales a mano alzada de la parte media de la lámina foliar, incluyendo la vena media, algunos cortes se diafanizaron (Aguilar-Rodríguez, 1998); todos se tiñeron primero con safranina acuosa, para después deshidratarse con etanol (70%, 80%, 96%, 100%) y teñirse con verde rápido (ROH-100%); finalmente se aclararon en xilol y se montaron en resina sintética. Algunas muestras se sometieron a la técnica histológica de inclusión en parafina (Ruzin, 1999); en estos casos se realizaron cortes transversales de 8-12 μm de grosor, empleando un micrótopo de rotación; la tinción de los cortes se realizó con safranina-verde rápido (Johansen, 1940) y para su montaje se usó resina sintética. Se realizaron raspados de la parte media de las hojas de la superficie abaxial, los cuales se montaron en gelatina safranina.

Para el estudio anatómico se evaluaron 19 caracteres; 6 cualitativos y 13 cuantitativos (Cuadro 1). De cada individuo se realizaron cinco mediciones para el grosor de la lámina y para el porcentaje de parénquima, 25 para el largo y el ancho de las células epidérmicas adaxiales y los estomas y 10 mediciones para el número de tricomas y el número de estomas/ mm^2 . La obtención de fotografías, descripciones y medidas, se obtuvieron empleando un analizador de imágenes NIS-Elements BR (Nikon Corporation, 2014), adaptado a un microscopio óptico marca Nikon Eclipse E200. De los nueve caracteres cuantitativos se obtuvieron los parámetros de la estadística descriptiva (la media y la desviación estándar).

Cuadro 1. Caracteres morfo-anatómicos foliares utilizados en las descripciones y análisis estadísticos de *F. cotinifolia*

Caracteres Morfológicos	Cualitativos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Patrón de venación 2. Ápice 3. Base 4. Margen 5. Forma
	Cuantitativos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Largo de la lámina 2. Ancho de la lámina 3. Ángulo del ápice 4. Ángulo de la base
Caracteres Anatómicos	Cualitativos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presencia de tricomas en superficies 2. Forma de células adaxiales 3. Forma de células abaxiales 4. Forma de litocistos 5. Posición de litocistos 6. Forma de células hipodermis
	Cuantitativos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grosor de lámina 2. Porcentaje parénquima empalizada 3. Porcentaje parénquima esponjoso 4. Ancho de células epidermis adaxial(μm) 5. Largo de células epidermis. adaxial(μm) 6. Núm. de tricomas/mm^2 7. Núm. de estomas/mm^2 8. Ancho de estoma (μm) 9. Largo de estoma (μm) 10. Núm. estratos de hipodermis 11. Núm. estratos parénquima empalizada adaxial 12. Núm. estratos parénquima empalizada abaxial 13. Núm. estratos parénquima esponjoso

Correlación: Se realizaron dos análisis de correlación de Pearson. La primera incluyó exclusivamente los caracteres morfológicos cuantitativos de los 38 ejemplares, la segunda correspondió a los caracteres anatómicos cuantitativos de 12 ejemplares; ambos análisis se correlacionaron con la latitud y longitud; la altitud no se incluyó debido a la ausencia de información en los ejemplares de herbario consultados. Para dichas correlaciones se empleó el paquete estadístico Infostat (Di-Rienzo *et al.*, 2020).

Análisis de similitud: La semejanza anatómica entre los ejemplares de *F. cotinifolia* se estimó usando el paquete estadístico Infostat (Di-Rienzo *et al.*, 2020). Se construyeron dos matrices básicas de datos; una incluyó siete caracteres morfológicos por 38 Unidades Taxonómicas Operativas (OTUs). La segunda matriz se realizó con 26 caracteres morfo-anatómicos por 12 OTUs. En ambos casos las OTUs correspondieron al mismo número de especímenes, excepto en seis casos, en los cuales existieron dos hojas para las mediciones morfológicas, en éstos se obtuvo el promedio de sus datos. Las matrices de semejanza se obtuvieron por el coeficiente de similitud de Ochiai $Oc: a/\sqrt{(a+b)(a+c)}$ que varía entre 0-1 y el método de agrupamiento se llevó a cabo por la media aritmética no ponderada UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean) la cual es un promedio de los valores de similitud entre los pares de OTUs. El apéndice I muestra la lista de caracteres usados en el análisis fenético de *F. cotinifolia* codificados como 0/1 (ausencia/presencia) para todos los datos cualitativos y algunos cuantitativos, para el resto se realizaron categorías; éstas últimas se obtuvieron por medio de los intervalos en los cuartiles que se muestran en el gráfico box plot con el paquete estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001). El apéndice II muestra las matrices de semejanza, de los caracteres morfológicos de 38 especímenes (Apéndice II A) y la que corresponde a los morfo-anatómicos de 12 especímenes (Apéndice II B).

Cuadro 2. Lista de ejemplares por entidad federativa para los estudios morfológicos¹ (ejemplares con dos hojas ^{a, b}) y anatómicos*

No.	Localidad	Coordenadas
Sin. ^{a, b}	¹ *SINALOA. Mpio. Culiacán, Poblado de Jesús María y cercanías de la Presa Adolfo López Mateos (El varejonal), Alt.150 m s.n.m, Bosque espinoso, suelo pedregoso, Sierra Madre Occidental, Rito Vega., Fernando Vega & Martha López [3297] (MEXU).	25°04'56.1"N 107°26'43.2"W
Tams.I ^{a, b}	¹ *TAMAULIPAS I. Mpio. De Aldama. Rancho Carmelita, a 2 km al N, Alt. 50 m s.n.m, Planicie costera Nororiental, E. Martínez Ojeda [230] (MEXU).	22°56'46.4"N 98°04'00.1"W
Tams.II	¹ TAMAULIPAS II. Mpio. Soto La Marina, A unos 6 km al noroeste de El porvenir, Alt. 100 m s.n.m, E. Martínez Ojeda [4] (MEXU).	23°47'35.9"N 98°11'33.7"W
Tams.III	¹ TAMAULIPAS III. Mpio. Soto La Marina, A unos 6 km al noroeste de El porvenir, Alt. 100 m s.n.m, E. Martínez Ojeda [18] (MEXU).	23°47'35.9"N 98°11'33.7"W
Chih.	¹ CHIHUAHUA. Mpio. De Moris, Arroyo de "Las Arreyanas", cerca del cerro Sebastopolo, Alt. 785-995 m s.n.m, Cruz Peña Pinela & S. Carvajal [157] (MEXU).	28°08'30.7"N 108°31'10.4"W
Son.	¹ SONORA. Álamos, Rio Fuerte, Junio-22-1936, Paul C. Standley [2259] (MEXU).	27°00'42.7"N 108°56'46.3"W
EM.I	¹ *EDO. MÉXICO I. Mpio. Tonicato, se localiza al suroeste a 88 km de Toluca y a 30 km de Cuernavaca, carretera federal 55 Toluca-Tenango de Arista, rumbo a Villa Guerrero e Ixtapan de la Sal, Depresión del Balsas, Silvia Aguilar [890] (IZTA).	18°46'37.8"N 99°39'50.5"W
EM.II	¹ *EDO. MÉXICO II. Mpio. Tonicato, se localiza al suroeste a 88 km de Toluca y a 30 km de Cuernavaca, carretera federal 55 Toluca-Tenango de Arista, rumbo a Villa Guerrero e Ixtapan de la Sal, Depresión del Balsas, Silvia Aguilar [895] (IZTA).	18°46'37.8"N 99°39'50.5"W
EM.III	¹ *EDO. MÉXICO III. Mpio. Tonicato, se localiza al suroeste a 88 km de Toluca y a 30 km de Cuernavaca, carretera federal 55 Toluca-Tenango de Arista, rumbo a Villa Guerrero e Ixtapan de la Sal, Depresión del Balsas, Silvia Aguilar [896] (IZTA).	18°46'37.8"N 99°39'50.5"W

EM.IV	¹ *EDO. MÉXICO IV Mpio. Tonicaco, se localiza al suroeste a 88 km de Toluca y a 30 km de Cuernavaca, carretera federal 55 Toluca-Tenango de Arista, rumbo a Villa Guerrero e Ixtapan de la Sal, Depresión del Balsas, Silvia Aguilar [898] (IZTA).	18°46'37.8"N 99°39'50.5"W
Jal.I ^{a, b}	¹ *JALISCO I. Mpio. Jocotepec, Barranca de Sayula, al oeste de San Pedro Tesistan, Alt. 1750 m s.n.m, Árbol 10-15m sobre rocosidad, con frutos, Eje Volcánico Transversal, J.A. Machuca N. [7301] (MEXU).	20°13'54.0"N 103°26'00.9"W
Jal.II	¹ JALISCO II. Bosque en curva cerrada a mitad de camino hacia el Valle de Tecopatlán, 3.3 km SSE de El Chante, Alt. 1150 m s.n.m, H. H. Iltis & M. Nee [1415] (MEXU).	19°41'00.0"N 104°11'00.0"W
Jal.III	¹ JALISCO III. Mpio. Ameca, Arroyo Los Pilares. Alt. 1275 m s.n.m, R. Ornelas U. y J. A. García C. [1509] (MEXU).	20°34'03.2"N 104°04'46.8"W
Qro.	¹ QUERÉTARO. Mpio. Escanelilla, 1km al Sur, sobre la carretera a Pinal de Amoles, Rzedowski [43375] (MEXU).	21°11'47.8"N 99°34'04.3"W
Nay.	¹ NAYARIT. Mpio. Valle de Banderas, Entre los Brasiles y Valle de Banderas, Alt. 100 m s.n.m, G. Castillo C. [5978] (MEXU).	20°47'00.0"N 105°18'00.0"W
Ver.I	¹ *VERACRUZ I. Mpio. Quiahuitlán, El cerro de los Metates (referido como Cerro Bernal) (ruinas, mirador) Planicie costera Nororiental, R. Luna Céspedes [909] (IZTA).	19°40'10.1"N 96°24'51.1"W
Ver.II ^{a, b}	¹ *VERACRUZ II. A 8 km al norte de Veracruz, rumbo a la Antigua a 200m al este de la carretera, Alt. 5 m s.n.m, habita en el borde de la selva inundable en suelo seco, Abril-27-1979, Eje Volcánico Transversal, Novelo R. A. [00553] (MEXU).	19°20'19.1"N 96°19'09.3"W
Ver.III	¹ VERACRUZ III. Mpio. Actopan, Cerro de La Mesa a 3 km al norte de Mozomboa, Alt. 250 m s.n.m, R. Acosta P. [554] (MEXU).	19°30'45.5"N 96°28'16.8"W
Ver.IV	¹ VERACRUZ IV. Mpio. Actopan, El descabezadero, (Nace el Agua) Alt. 350 m s.n.m, R. Ortega O. Gutenkauf [00560] (MEXU).	19°32'12.7"N 96°41'38.9"W
Ver.V	¹ VERACRUZ V. Mpio. San. Andrés Tuxtla entre Sihuapan y laguna encantada al noreste de San Andrés Tuxtla, Alt. 350 m s.n.m, J. H. Beahan [6195] (MEXU).	18°27'29.4"N 95°10'45.0"W

Zac.	¹ ZACATECAS. Mpio. Moyahyua, Cerro Los Pochotes (a la altura del rancho El Prado), a 11 Km al sur de Moyahyua, por el rio Juchipila, a 1km al oeste de Santa Rosa, E. D. Enríquez E. & J. J. Balleza C. [1554] (MEXU).	21°15'18.4"N 103°10'06.0"W
Mich.I	¹ MICHOACÁN I. Mpio. Penjamillo a 2 km al noroeste, Alt. 1850 m s.n.m, matorral subtropical, cañada, sobre peña, E. Pérez & E. García [2035] (MEXU).	20°06'47.2"N 101°57'04.7"W
Mich.II	¹ MICHOACÁN II. Mpio. La huacana, Sierra Las Cruces, Cañada Las Cruces, a 6.5 km al suroeste de Los Ranchos, V. W. Steinmann [3417] (MEXU).	18°39'50.0"N 102°03'45.0"W
Pue.I	¹ PUEBLA I. Mpio. Jolalpan, Las trojas, a 4 km al norte de El Salado, Alt. 1180 m s.n.m, Enrique Guízar [1833] (MEXU).	18°20'30.0"N 98°56'58.6"W
Pue.II	¹ PUEBLA II. Mpio. Atlixco, Barranca Aguitzo. Alt. 1834 m s.n.m, Bosque tropical caducifolio, Árbol de 10 m de altura, Febrero-27-2003, J. L. Contreras J. [7698] (MEXU).	18°51'05.0"N 98°31'06.0"W
Mor.I	¹ MORELOS I. Mpio. Tepoztlán, Colonia: Pantitlán, Árbol de más o menos 6 m de alto, Julio-25-1974, Rogelio Alcaraz P. [5] (MEXU).	18°55'09.5"N 98°59'25.5"W
Mor.II	¹ MORELOS II. De una barranca por los alrededores entre la carretera y Yecapixtla, Octubre-1946, Olivia Converse [s/n] (MEXU).	18°51'24.0"N 98°50'31.3"W
Hgo.	¹ HIDALGO. Mpio. Metztlán, paraje 3 km al Poniente de la comunidad de Metznoxtla, sobre el camino a San Pablo Tetlapayac a horilla de barranca, matorral submontano, sustrato calizo y suelo delgado muy pedregosos, Andrés G. Miranda Moreno [1024] (MEXU).	20°37'23.0"N 98°52'53.0"W
Gro.I ^{a, b}	¹ *GUERRERO I. Mpio. San Marcos, a 1km al camino a la Pesquería, Laguna de tecomate, Alt. 15 m s.n.m, tipo de vegetación: Matorral xerófilo, Septiembre-26-1990, Sierra Madre del Sur, L. Lozada [1386] (MEXU).	16°42'47.0"N 99°19'11.9"W
Gro.II	¹ GUERRERO II. Mpio. Zirandaro, a 4 km antes de San Antonio, camino que va de El Timón a la Parota, Alt. 540 m s.n.m, R. E. González [271] (MEXU).	18°21'37.8"N 99°39'01.4"W
Gro.III	¹ GUERRERO III. "Joya de el Zapote" a 6 km al oeste de la desviación a Chichihualco, la desviación está a 1.5 km al norte de Chilpancingo. Alt. 1430 m s.n.m, Selva baja caducifolia, R. Torres C., P. Tenorio L. & C. Romero de T. [1183] (MEXU).	17°35'56.1"N 99°32'21.4"W

Gro.IV	¹ GUERRERO IV. Mpio. Tepecoacuilco de Trujillo, Entre Oapan y Ameyaltepec, Alt. 1788 m s.n.m, vegetación secundaria, bosque de galería, J. Amith & J. Rojas [444] (MEXU).	17°57'35.0"N 99°28'29.0"W
Gro.V	¹ GUERRERO V. Mpio. Chilpancingo de los Bravo, 16 km al noroeste sobre la Carretera que va a Chichihualco, Alt. 1335 m s.n.m, bosque tropical caducifolio, C. Durán., Ibarra., Cornejo & Piedra [126] (MEXU).	17°35'32.4"N 99°31'10.5"W
Oax.I ^{a, b}	¹ *OAXACA I. Mpio. Santo Domingo Tehuantepec, Distr. Tehuantepec, Rincón Bamba, 0.7 Km de la desviación a Concepción Bamba, Alt. 100 m s.n.m, Selva baja caducifolia, en una ladera, Sierra Madre del Sur, Silvia Salas M., J. Rivera H. & E. Martínez [2096] (MEXU).	16°01'16.0"N 95°25'14.0"W
Oax.II	¹ OAXACA II. Distr. Tehuantepec, Cerro Marimba, a 1Km noroeste de Rincón Bamba, él está a 14 Km al oeste de Salina Cruz, Selva baja caducifolia, Diciembre-14-1983, R. Torres C., C Martínez & G Martínez [4341] (MEXU).	16°11'38.8"N 95°14'56.9"W
Oax.III	¹ OAXACA III. Mpio. De San Miguel del Puerto, Distr. Pochutla, Zimatán, a 3.5 km al norte del puente por la brecha a Xadani, Alt. 80 m s.n.m, Selva mediana caducifolia, Marzo-30-1999, Silvia Salas M., J. Rivera H., R. Garcia S., J. Meave C. & M. Elorsa C. [2046] (MEXU).	15°50'50.2"N 95°59'42.4"W
Oax.IV	¹ OAXACA IV. Mpio. San Pedro Huamelula, Distr. Tehuantepec, Playa Grande, a 3 km al norte sobre la brecha, Alt. 75 m s.n.m, Selva baja caducifolia, Enero-15-1998, Jaime Rivera H., S. Salas M. & E. Torres B. [593] (MEXU).	15°50'59.7"N 95°54'14.3"W
Chis.	¹ *CHIAPAS. Bonampak, (ruinas) en yacimiento arqueológico, Mayo-22-2019, Planicie Costera Suroriental, Silvia Aguilar [s/n] (IZTA).	16°42'12.6"N 91°03'51.9"W

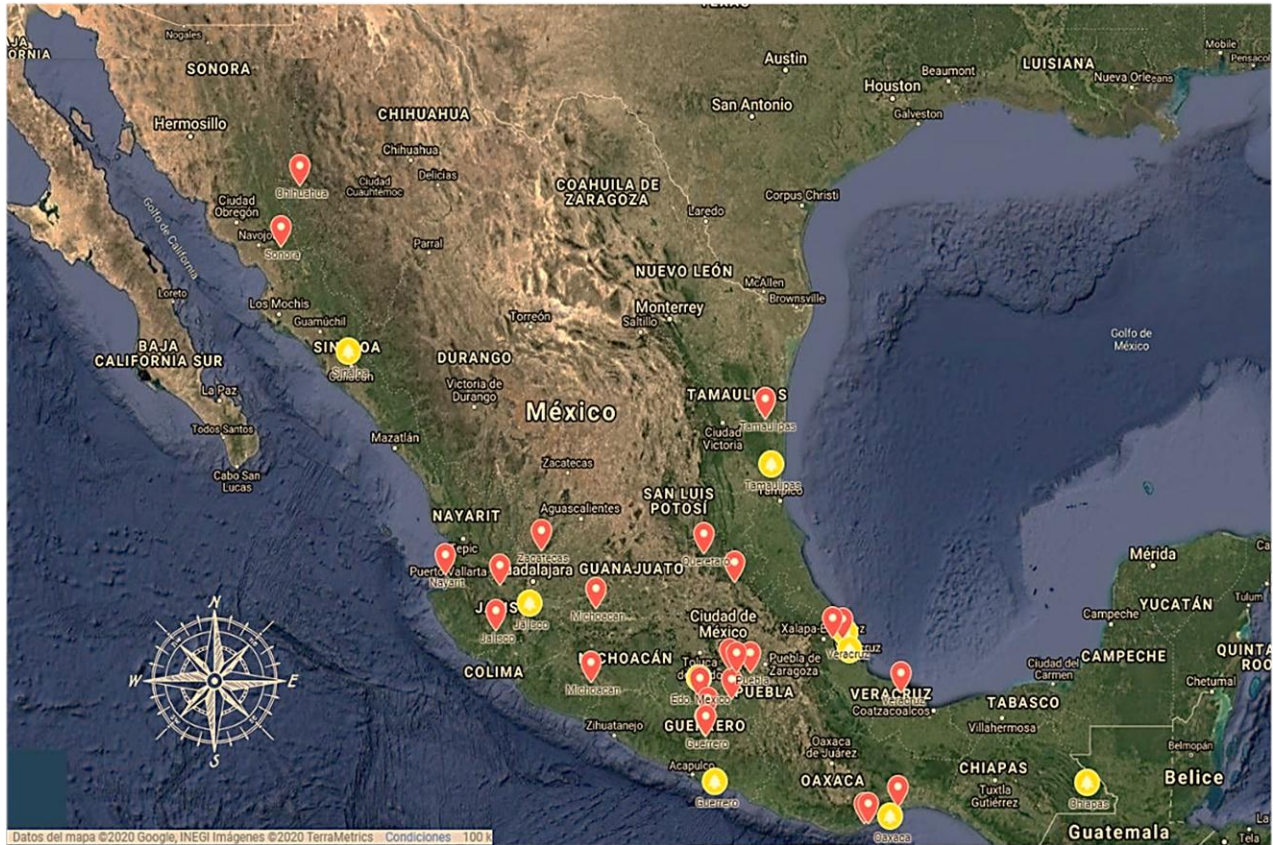


Figura 2. Mapa de la Distribución de *F. cotinifolia* de los ejemplares del herbario MEXU y de campo (iconos rojos son ejemplares tratados para los estudios morfológicos, iconos amarillos son ejemplares tratados para los estudios morfológicos y anatómicos (tomado de Google maps, 2020).

RESULTADOS

CARACTERES MORFOLÓGICOS

Los caracteres morfológicos cualitativos (Cuadro 3; Fig. 3) más frecuentes en la hoja de *F. cotinifolia* fue la presencia de ápice obtuso (55% de los individuos muestreados); seguido del agudo y redondeado (25% y 14% respectivamente; Fig. 3A y 8); mientras que la base se reconoció como aguda y cordada en 68% de los ejemplares (Fig. 3B y 9).

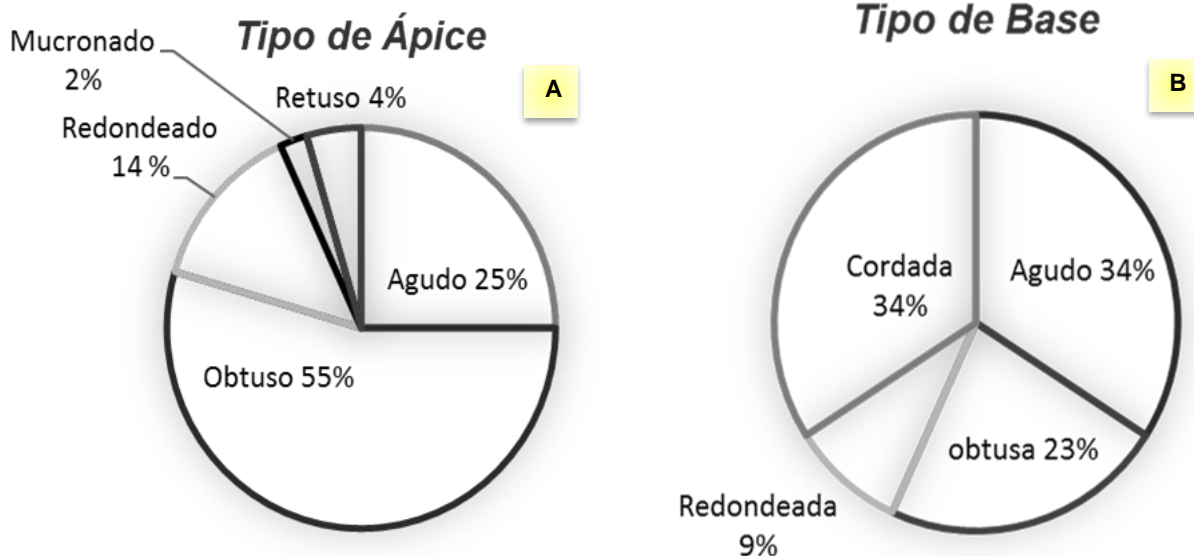


Figura 3. Porcentajes de los tipos de ápices y bases observados en *F. cotinifolia*: **A)** Ápices; **B)** Bases.

En la forma de la lámina se registraron las cuatro clases reconocidas por Hickey (1973; Fig. 4C y 7) con 12 subclases (Fig. 4D; Cuadro 3). La forma elíptica fue la más frecuente, con 66%; dentro de esta clasificación, la estrecha (largo: ancho/3:1) tuvo un 25%. La obovada se registró con 23%, cuya subclase más frecuente fue la oblanceolada (largo: ancho/3:1), con un 14%. La forma oblonga se mostró en un 9 %, con la subclase oblonga (largo: ancho/2:1) representada en un 5%. La forma ovada sólo se presentó en un ejemplar (2%), con la proporción largo: ancho/1.5:1, la cual corresponde a la subclase ovada. Los caracteres que no mostraron variaciones fueron el margen, presentándose siempre entero, así como el patrón de venación, que fue de tipo broquidódromo

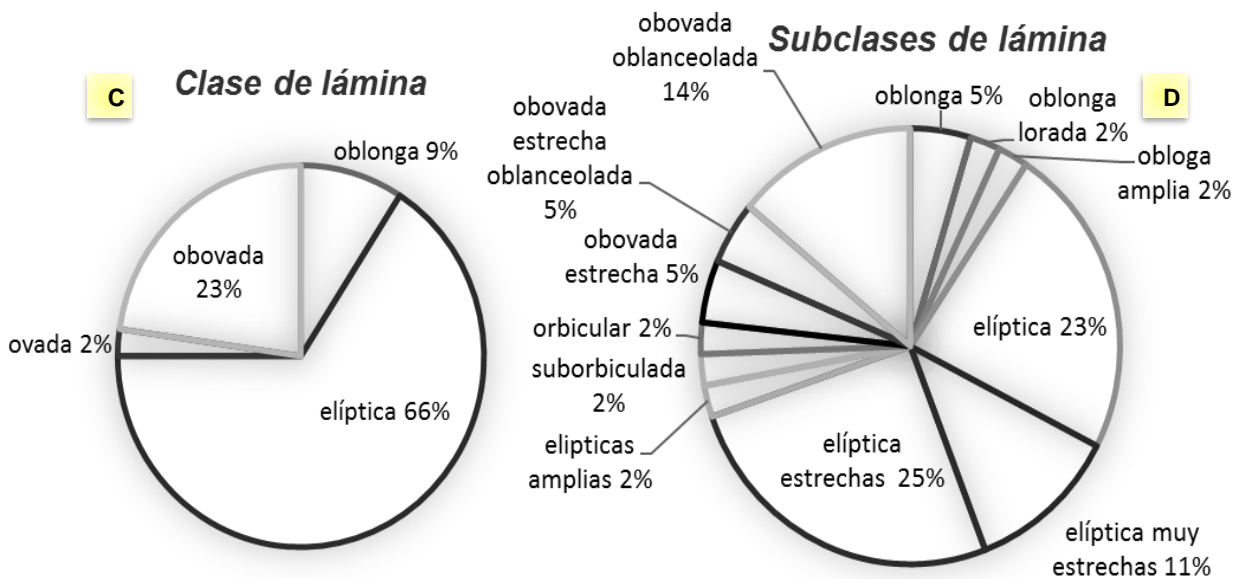


Figura 4. Porcentajes de las formas de la lámina observadas en *F. cotinifolia*: **C)** Clases de la forma de la lámina; **D)** Subclases de la forma de la lámina

Con respecto a la distribución frecuencial por individuo de los caracteres morfológicos cuantitativos, se observó que el ángulo del ápice de las hojas (Cuadro 3; Fig. 5) fluctuó entre 71° a 112°, con un ángulo promedio de 96.6°. En el ángulo de la base de las hojas, los valores se registraron entre 73° y 114° con un ángulo promedio de 93.2°. Estos valores permiten reconocer que las hojas tienden a ser obtusas, por presentar ángulos mayores a 90° (Hickey, 1973).

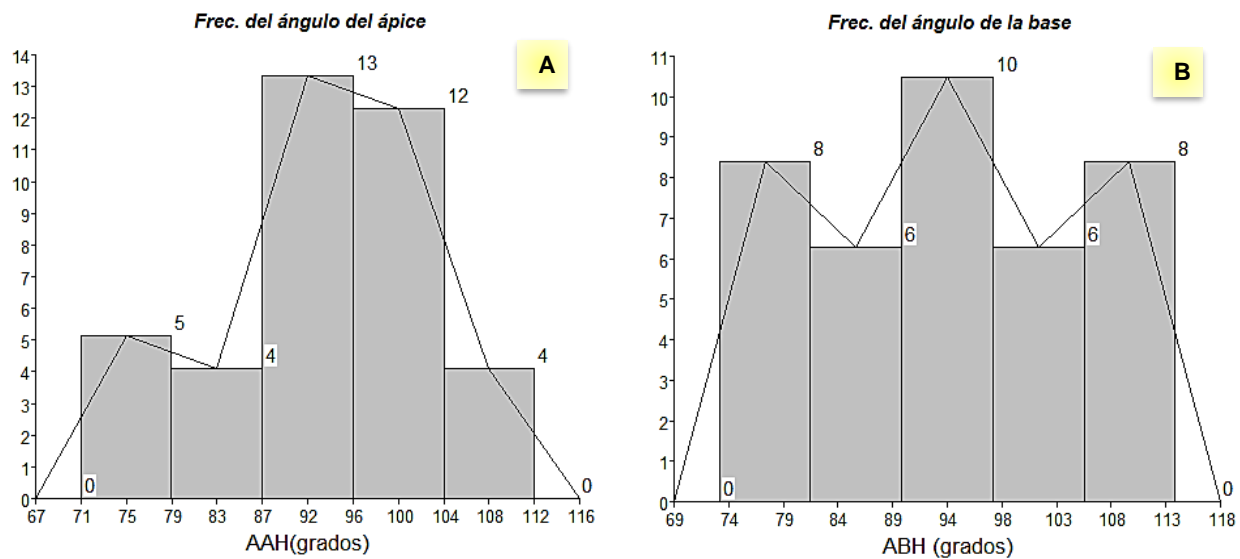


Figura 5. Distribución frecuencial por individuo de los ángulos del ápice y base de la lámina de *F. cotinifolia*: **A)** Ángulo del ápice (AAH); **B)** Ángulo de la base (ABH).

En el largo de las láminas (Cuadro 3; Fig. 6) su distribución frecuencial fue de 5 a 11 cm, con una medida promedio de 8.23 cm de largo; el ancho fue de 3 a 6 cm, con un promedio de 4.64 cm de ancho. El promedio de largo y ancho de las hojas (8x5 cm) coincide con la proporción de la subclase más frecuente de forma de la hoja; esto es, elíptica estrecha, en donde se señala que el largo es tres veces mayor que el ancho de la hoja (l/a radio 3:1; Hickey, 1973).

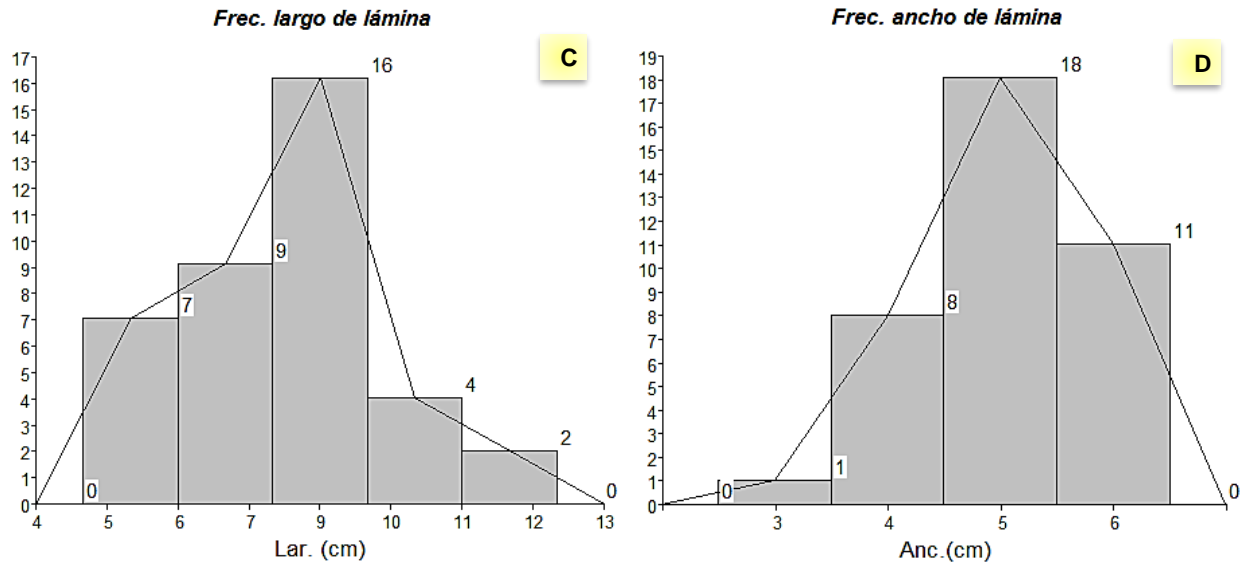


Figura 6. Distribución frecuencial por individuo del largo y ancho de la lámina de *F. cotinifolia*: **C)** Largo (Lar); **D)** Ancho (Anc).

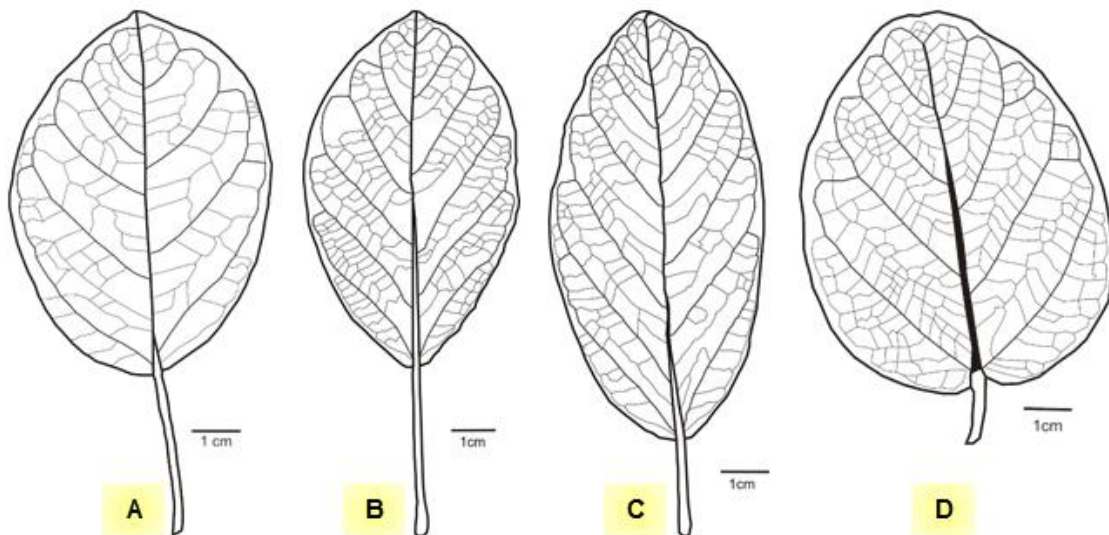


Figura 7. Formas de la lámina foliar de *F. cotinifolia*; **A)** Elíptica **Gro.I**; **B)** Ovobada **EM.III**; **C)** Oblonga **EM.II**; **D)** Ovada **Tams.I**

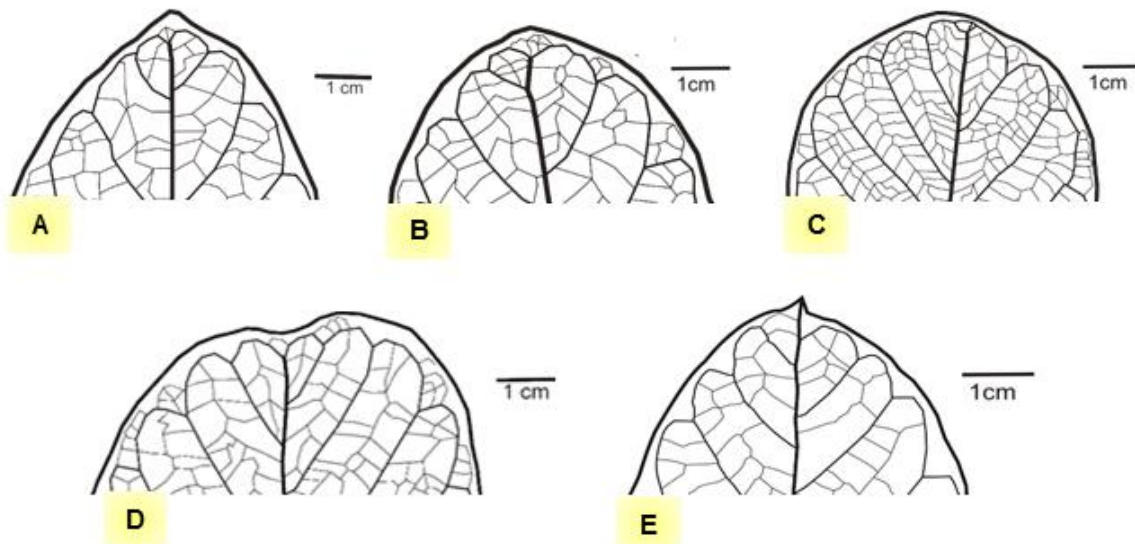


Figura 8. Ápices de la lámina foliar de *F. cotinifolia*; A) Agudo **EM.IV**; B) Obtuso **Hgo.**; C) Redondeado **Sin.**; D) Retuso **Jal.III**; E) Mucronado **EM.I**

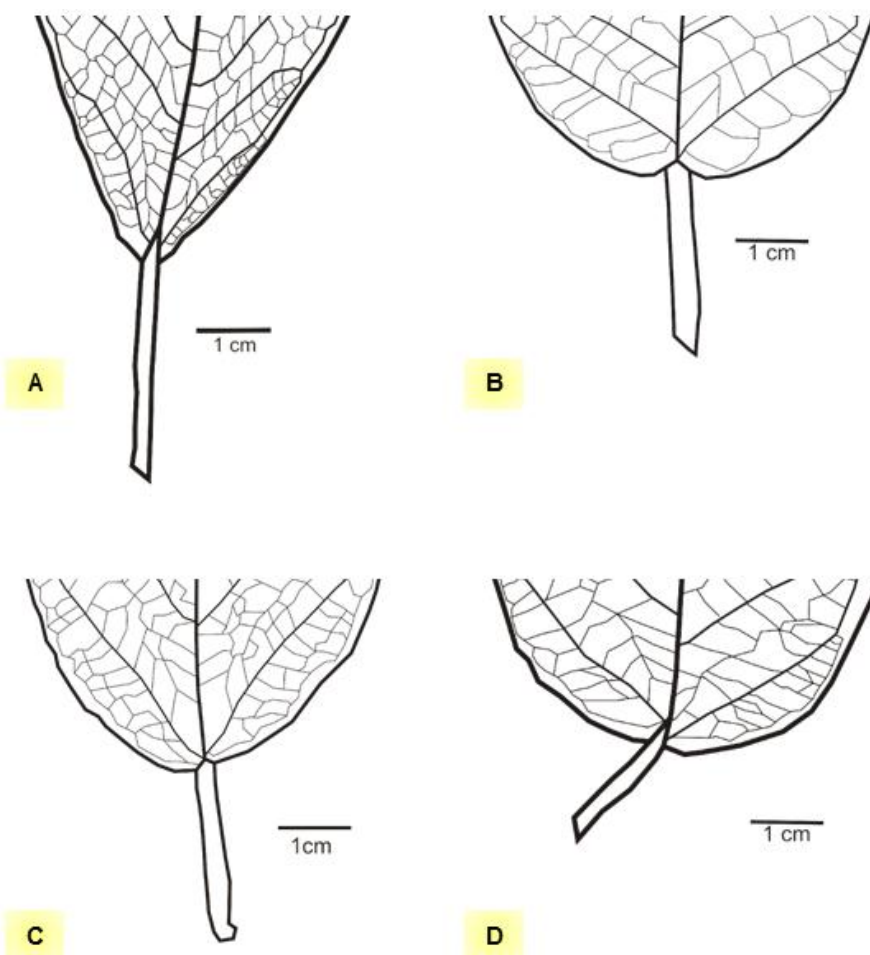


Figura 9. Bases de la lámina foliar de *F. cotinifolia*; A) Aguda **Qro.**; B) Cordada **Ver.V**; C) Obtusa **Tams.II**; D) Redondeada **Son.**

Cuadro 3. Caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos de la lámina de *F. cotinifolia*:
AH=Ápice de la hoja, **BH**=Base de la hoja, **AAH**=Ángulo del ápice de la hoja, **ABH**= Ángulo de la base de la hoja, **LONG** = Largo de la hoja, **ANC**= Ancho de la hoja, **FOR**= Forma, **MARG**= Margen, **PV**= Patrón de venación.

ag=águdo	es=estrecha	obt=obtuso
am=amplia	lor=lorada (forma de “correa”)	orb=orbicular
br=broquidódromo	muc=mucronado	ova=ovada
cor=cordada	obla=oblanceolada	redon=redondeado
E=entero	oblo=oblonga	ret=retuso
elí=elíptica	obo=obovada	subor=suborbiculada

Ejemplar	AH	AAH (grados)	BH	ABH (grado)	LONG (cm)	ANC (cm)	FOR	MARG	PV
Sin. ^a	redon	105	ag	84	8.366	5.490	obo-obla	E	br
Sin. ^b	ret	107	redon	107	4.853	4.278	orb	E	br
Tams.I ^a	obt	100	cor	117	7.749	6.091	ova	E	br
Tams.I ^b	obt	95	cor	112	5.591	4.234	oblo-am	E	br
Tams.II	obt	92	obt	99	7.929	5.217	elí	E	br
Tams.III	obt	91	ag	76	6.444	3.702	elí-es	E	br
Chih.	obt	93	cor	96	6.779	4.496	elí	E	br
Son.	obt	95	redon	110	5.167	4.186	subor	E	br
EM.I	muc	76	ag	87	10.341	5.828	elí muy es	E	br
EM.II	ag	73	ag	78	9.367	4.684	oblo=lor	E	br
EM.III	ag	86	ag	80	7.596	4.532	obo-obla	E	br
EM.IV	ag	89	cor	97	9.477	5.656	elí-es	E	br
Jal.I ^a	obt	90	obt	98	4.808	3.051	elí	E	br
Jal.I ^b	obt	95	cor	95	6.691	4.667	elí	E	br
Jal.II	obt	102	obt	99	5.547	3.807	oblo	E	br
Jal.III	ret	112	redon	110	8.511	6.129	obo-es	E	br
Qro.	obt	93	ag	73	9.292	4.838	obo-es-obla	E	br
Nay.	ag	77	ag	82	9.196	4.797	obo-es-obla	E	br
Ver.I	ag	79	cor	94	10.31	6.213	elí-es	E	br
Ver.II ^a	obt	91	cor	104	8.871	6.107	elí	E	br

Ver.II ^b	redon	109	obt	98	7.165	5.050	obo-es	E	br
Ver.III	redon	96	cor	79	8.519	5.178	obo-obla	E	br
Ver.IV	obt	101	obt	101	8.991	5.679	elí-es	E	br
Ver.V	redon	107	cor	106	7.228	5.774	elí	E	br
Zac.	ag	71	obt	96	10.792	5.289	elí muy es	E	br
Mich.I	obt	96	cor	111	7.401	4.982	elí-es	E	br
Mich.II	redon	91	ag	80	8.431	4.647	obo-obla	E	br
Pue.I	obt	100	ag	89	9.997	6.391	elí-es	E	br
Pue.II	obt	108	cor	99	9.072	5.495	elí-es	E	br
Mor.I	obt	97	obt	98	6.445	4.301	elí	E	br
Mor.II	obt	101	cor	108	7.486	5.111	elí	E	br
Hgo.	obt	93	obt	92	5.672	3.696	oblo	E	br
Gro.I ^a	obt	94	obt	97	7.063	5.011	elí	E	br
Gro.I ^b	obt	92	obt	91	6.468	3.855	elí-es	E	br
Gro.II	obt	100	ag	90	8.439	5.919	obo-obla	E	br
Gro.III	ag	85	ag	76	11.546	5.865	elí muy es	E	br
Gro.IV	ag	89	ag	89	9.005	5.263	elí-es	E	br
Gro.V	obt	92	ag	75	5.557	2.997	obo-obla	E	br
Oax.I ^a	ag	90	ag	86	8.67	5.410	elí-es	E	br
Oax.I ^b	obt	91	cor	95	6.081	4.199	elí	E	br
Oax.II	redon	98	redon	108	6.634	5.083	elí-am	E	br
Oax.II	obt	98	cor	107	8.465	5.304	elí-es	E	br
Oax.IV	ag	85	ag	86	10.104	5.673	elí muy es	E	br
Chis.	ag	83	cor	86	9.306	4.692	elí muy es	E	br

CARACTERES ANATÓMICOS

Con base en los caracteres anatómicos cuantitativos y cualitativos (Cuadro 4 y 5) se describe la estructura laminar:

Epidermis

La epidermis adaxial y abaxial (Cuadro 5; Fig.10) simples, la adaxial formada por células rectangulares, cuadrangulares y escasamente circulares, la epidermis abaxial con células de forma circular, rectangular y escasamente cuadrangulares. El ancho de las células epidérmicas adaxiales (Cuadro 4) poseen un promedio de 7 μ m (**Chis.**) a 12 μ m (**Ver.II**) y con 12 μ m de largo (**EM.II**) a 20 μ m (**Gro.I**).

Tricomas

Se observaron dos tipos de tricomas (Cuadro 5; Fig. 11); 1) Tricomas filiformes unicelulares largos y cortos en ambas superficies, pero predominando en la superficie abaxial y 2) Tricomas glandulares capitados con una célula pie y una cabeza glandular elipsoide formada por 2 a 4 células, localizados solo en la superficie abaxial (Figs. 11 E y 12 A-C); éstos se encontraban presentes aún sin haber tricomas filiformes. La densidad (Cuadro 4) de los tricomas filiformes fue de 6 tricomas/mm² (**Gro.I**) hasta 80 tricomas/mm² en **Ver.I** y **Tams.I**; además, se presentaron individuos glabros, es decir que no poseían tricomas filiformes tales como **Sin.** y **Oax.I** (Fig. 11 F).

Estomas

Hojas hipostomáticas con estomas de tipo anomocítico (Cuadro 4; Fig. 12 D-F). El número de estomas/mm² tuvo un intervalo promedio de 690 **EM.IV** a 1060 **Tams.I**; el largo de los estomas varió de 19 μ m **Tams.I** a 27 μ m **Ver.II**, mientras que el ancho fue de 17 μ m **EM.III** a 21 μ m

Oax.I. Se observó la formación de estrías (Fig. 12) irregulares en las células acompañantes mostrándose en casi todos los individuos, con excepción de **Tams.I** y **Chis.**, donde no se observaron estrías.

Hipodermis y litocistos

La hipodermis (Cuadro 5; Figs. 13 A y B) se distingue claramente de la epidermis adaxial en tamaño y número de estratos, los cuales varían de 1 a 4 (con más frecuencia 1 y 2); las formas que presentaron las células fueron rectangulares, circulares a escasamente cuadrangulares. Los litocistos (Cuadro 5; Fig. 13 C y D) se ubicaron introducidos mayormente a partir de la hipodermis, se extendieron en ambas superficies de la lámina, pero se mostraron más abundantes en la superficie adaxial que en la abaxial, en donde, además, fueron más pequeños; en algunos individuos los litocistos abaxiales no se presentaron (**Tams.I**, **Jal.I**, **EM.I**, **EM.II**, **EM.III** y **EM.IV**). Se describieron diversas formas de litocistos identificándose cuatro tipos distintos (Fig. 14 A-D): 1) campana. (mayormente en la superficie adaxial), 2) ovalada, 3) pirámide y 4) domo.

Mesofilo

Es isolateral (Cuadro 5; Fig. 15); el parénquima en empalizada adaxial está formado por células cilíndricas con gran cantidad de cloroplastos, se mostró con 2 a 4 estratos (predominando 2 a 3) y ocupó un 37% del grosor total de la lámina en **Gro.I** hasta 51% en **EM.II** (Cuadro 4), hacia la otra superficie el parénquima en empalizada abaxial fue discontinuo con un número de estratos de 1 a 2 (más frecuente 1; Cuadro 5) en esta zona las células fueron habitualmente más cortas que las adaxiales. El parénquima esponjoso (Fig. 16 A-C) está constituido de células con forma irregular y espacios intercelulares evidentes, se mostró un cambio gradual entre este parénquima y el empalizada; en las zonas en donde no se distinguió claramente parénquima en empalizada abaxial, el número de estratos celulares de parénquima esponjoso fue de 4 a 8 (Cuadro 5),

mientras que en las zonas donde se forma parénquima en empalizada abaxial el número de estratos de parénquima esponjoso disminuyó de 3 a 4 ocupando un 48% en **EM.II** hasta un 62% en **Gro.I** del grosor total de la lámina. Se localizaron células con inclusiones coloidales (Esau, 1985) teñidas de rojo con safranina (Figs. 14 E y F; 18 B) y sólidas como cristales (drusas) en ambos parénquimas en empalizada y esponjoso distribuidas irregularmente en todos los individuos (Fig. 16 D-F).

Vena media

La vena media forma una cresta hacia la superficie abaxial, cambiando en la forma de su contorno de redonda a aplanada (Fig. 17). En sección transversal en los 12 individuos se reconoce una epidermis adaxial y abaxial con un solo estrato de células (Fig. 18), por debajo de ambas se mostró colénquima angular de 1-4 hileras de células. Los haces vasculares se encontraron formando arcos opuestos entre sí, el adaxial fraccionado generalmente en paquetes 1-5 y el abaxial formando un arco único menos fraccionado de 2-3 paquetes, los arcos se presentaron rodeados parcialmente por esclerénquima y en el centro por una matriz de células con paredes lignificadas, el floema también se mostró disperso en paquetes hacia el centro de la vena media. Se identificó en el parénquima que rodea los haces vasculares células esparcidas con inclusiones coloidales teñidas de color rojo con safranina.

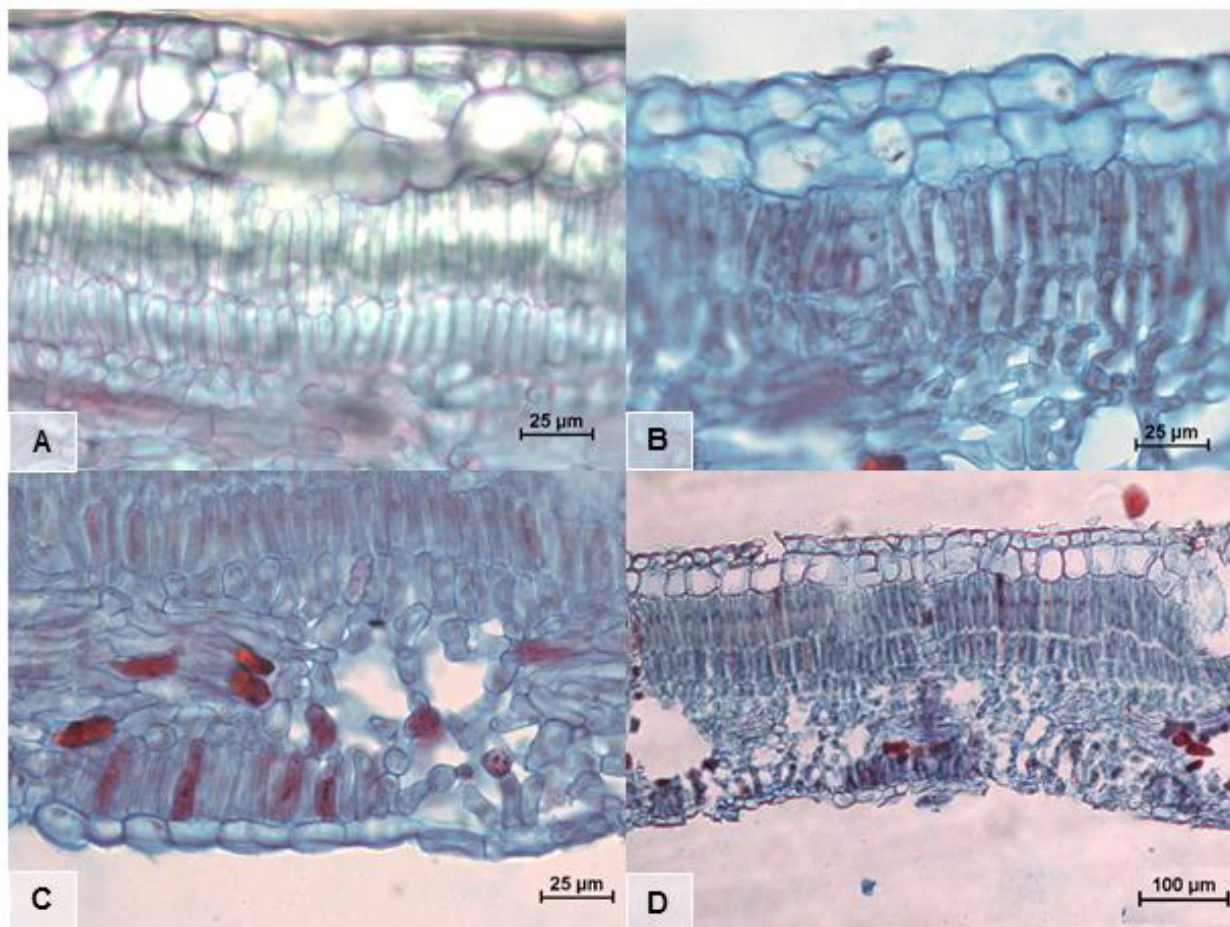


Figura 10. Cortes transversales de la lámina foliar de *F. cotinifolia*. A, B. Células de la epidermis adaxial en Ver.I (A) y EM.I (B); C. Células de la epidermis abaxial en EM.II; D. características de ambas epidermis de EM.I.

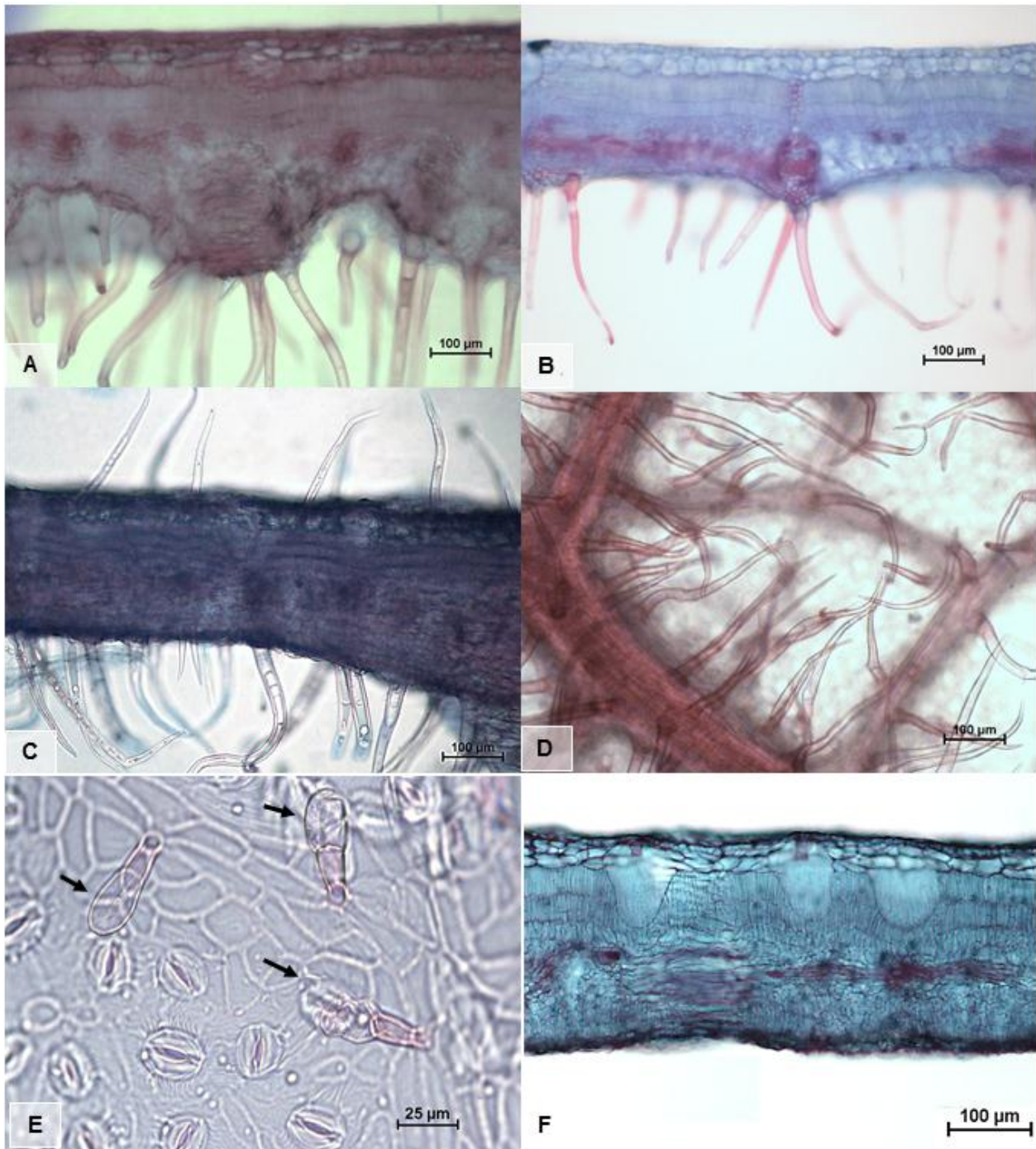
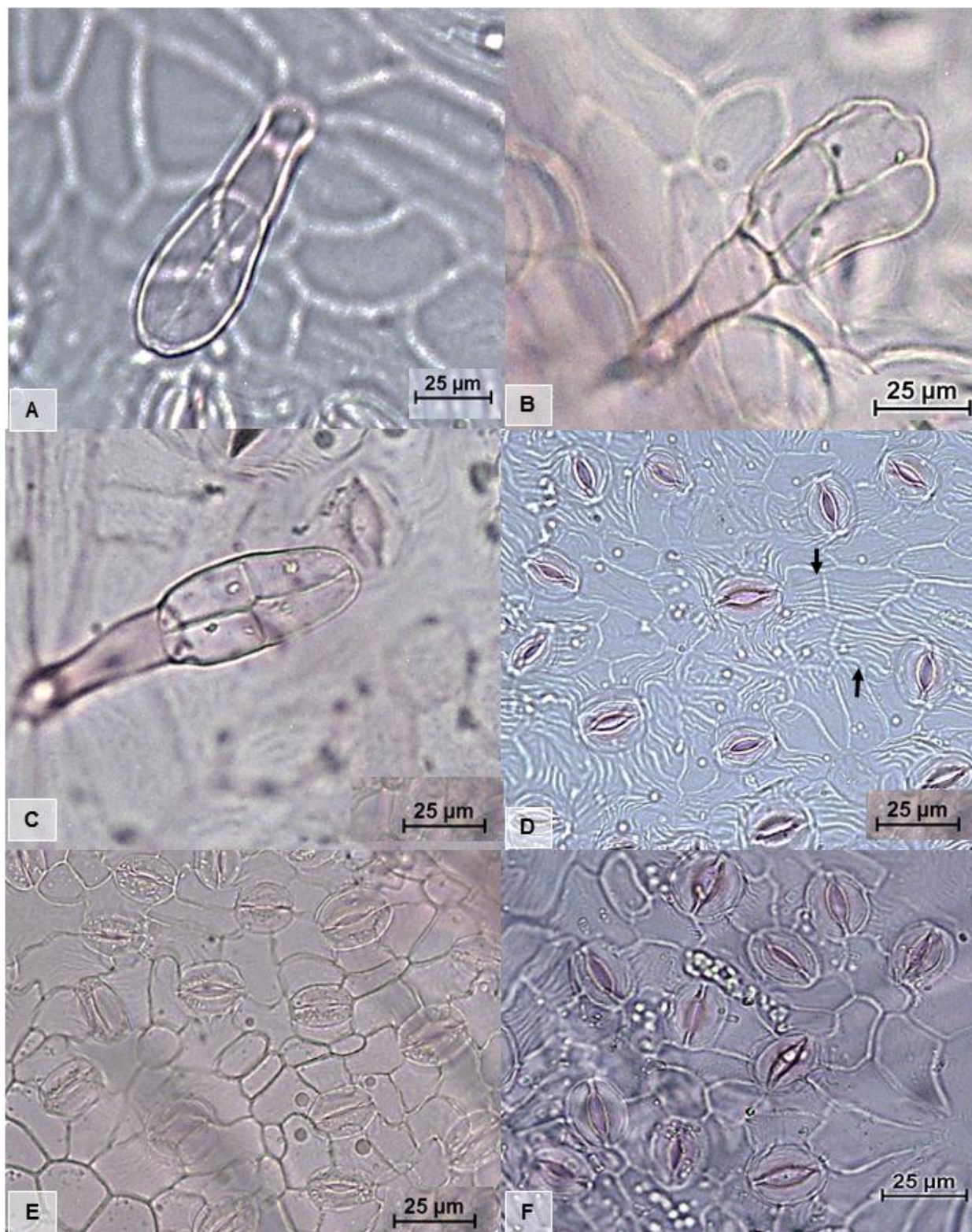
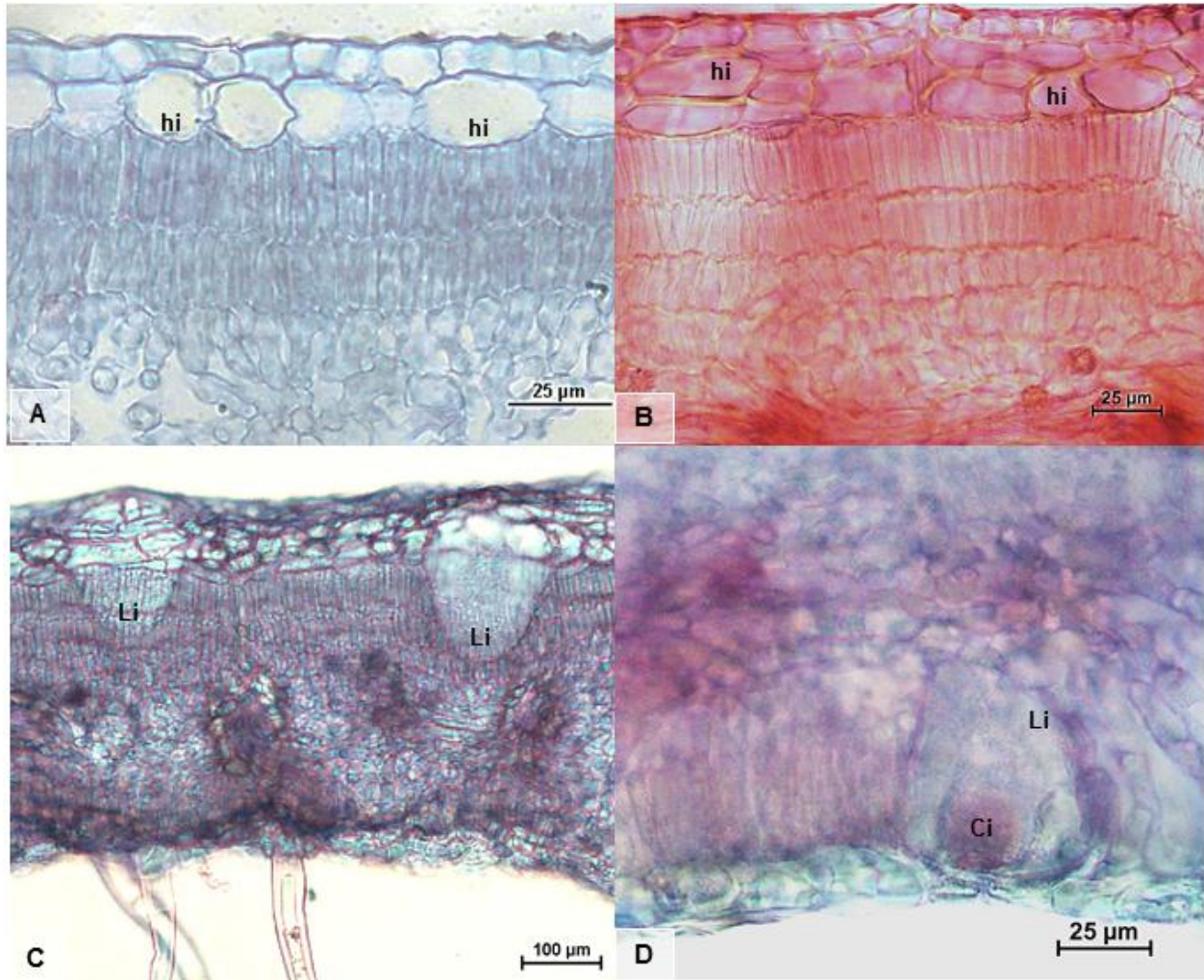


Figura 11. Corte transversal de la lámina foliar de *F. cotinifolia*. A, B. Tricomas filiformes en la superficie abaxial en Tams.I (A) y Ver.I (B); C. Tricomas filiformes en ambas superficies adaxial y abaxial en Jal.I; D. Vista superficial abaxial de tricomas filiformes en Ver.I.; E. Vista superficial abaxial de tricomas capitados en EM.II (flechas); F. Tricomas ausentes en Sin.



Figuras 12. Vistas superficiales de la epidermis abaxial de la lámina foliar de *F. cotinifolia*.; A. Tricoma capitado con dos células en EM.II; B. Tricoma capitado con tres células en EM.I; C. Tricoma capitado con cuatro células en EM.III; D. Estomas hipostomáticos anomocíticos, las células acompañantes con estrías en EM.IV (flechas); E, F. Estomas hipostomáticos anomocíticos en EM.II (E) y Gro.I (F).



Figuras 13. Cortes transversales de la lámina foliar de *F. cotinifolia*. A. Hipodermis de un solo estrato de células en EM.III; B. Hipodermis de dos a tres estratos de células en Jal.I; C. Litocistos adaxiales en Jal.I; D. Litocisto abaxial en Oax.I; hi= hipodermis, li= litocisto, ci= cistolito.

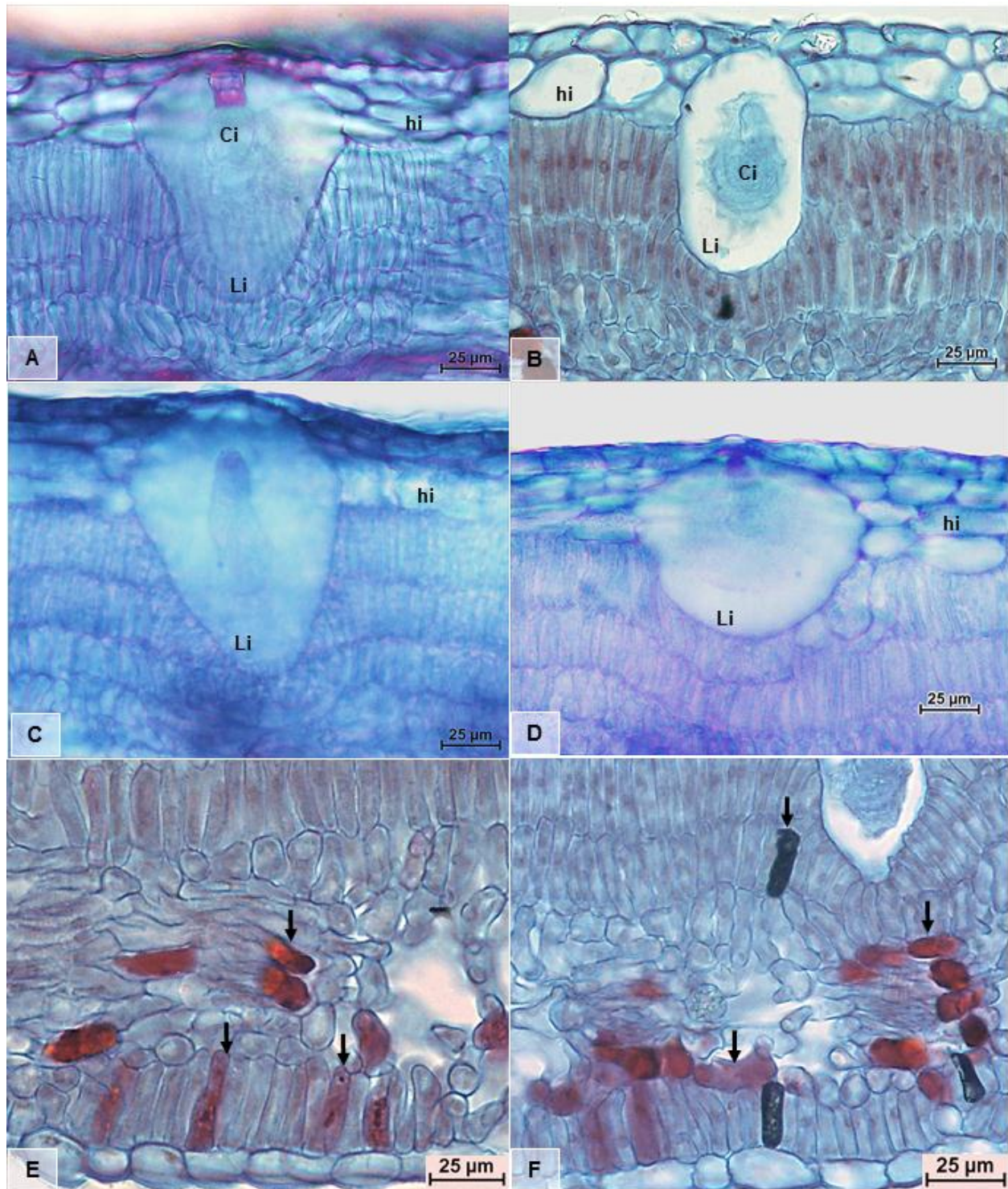


Figura 14. A-D. Formas de litocistos de *F. cotinifolia*. A. Forma de campana en Sin.I; B. Forma ovalada en EM.II; C. Forma piramidal en Jal.I; D. Forma de domo en Ver.II; E, F. Células con inclusiones coloidales esparcidas en ambos parénquimas empalizada y esponjoso en EM.II (E) y EM.III. (F) (flechas); hi= hipodermis, li= litocisto, ci= cistolito.

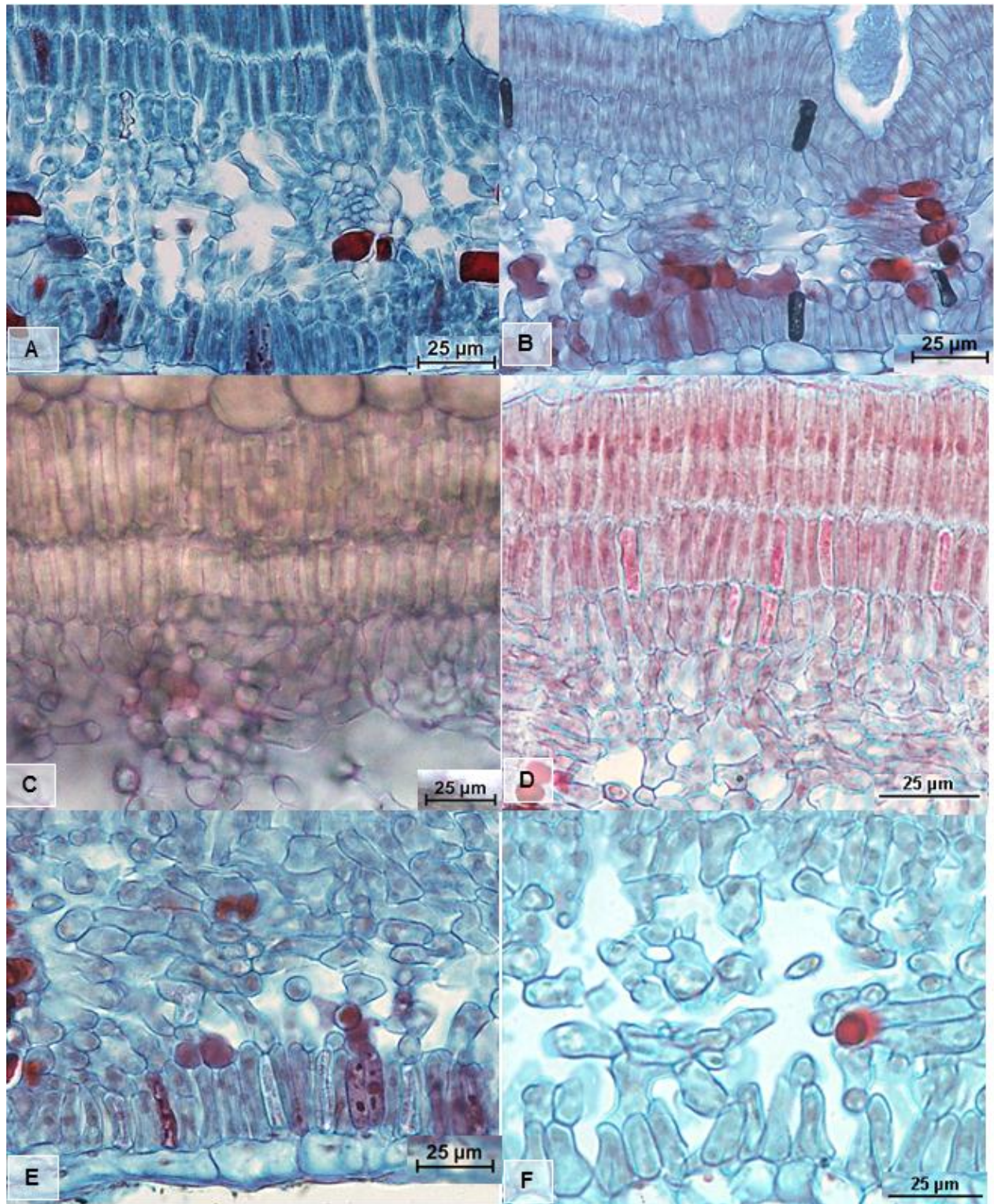


Figura 15. Diferencias de mesofilo en *F. cotinifolia*. A, B. Mesofilo isolateral en EM.II (A) y EM.III (B); C. Parénquima empalizada adaxial de dos estratos en Ver.I; D. Parénquima empalizada adaxial de tres estratos en EM.II; E, F. Parénquima en empalizada abaxial en EM.II (E) y EM.I. (F).

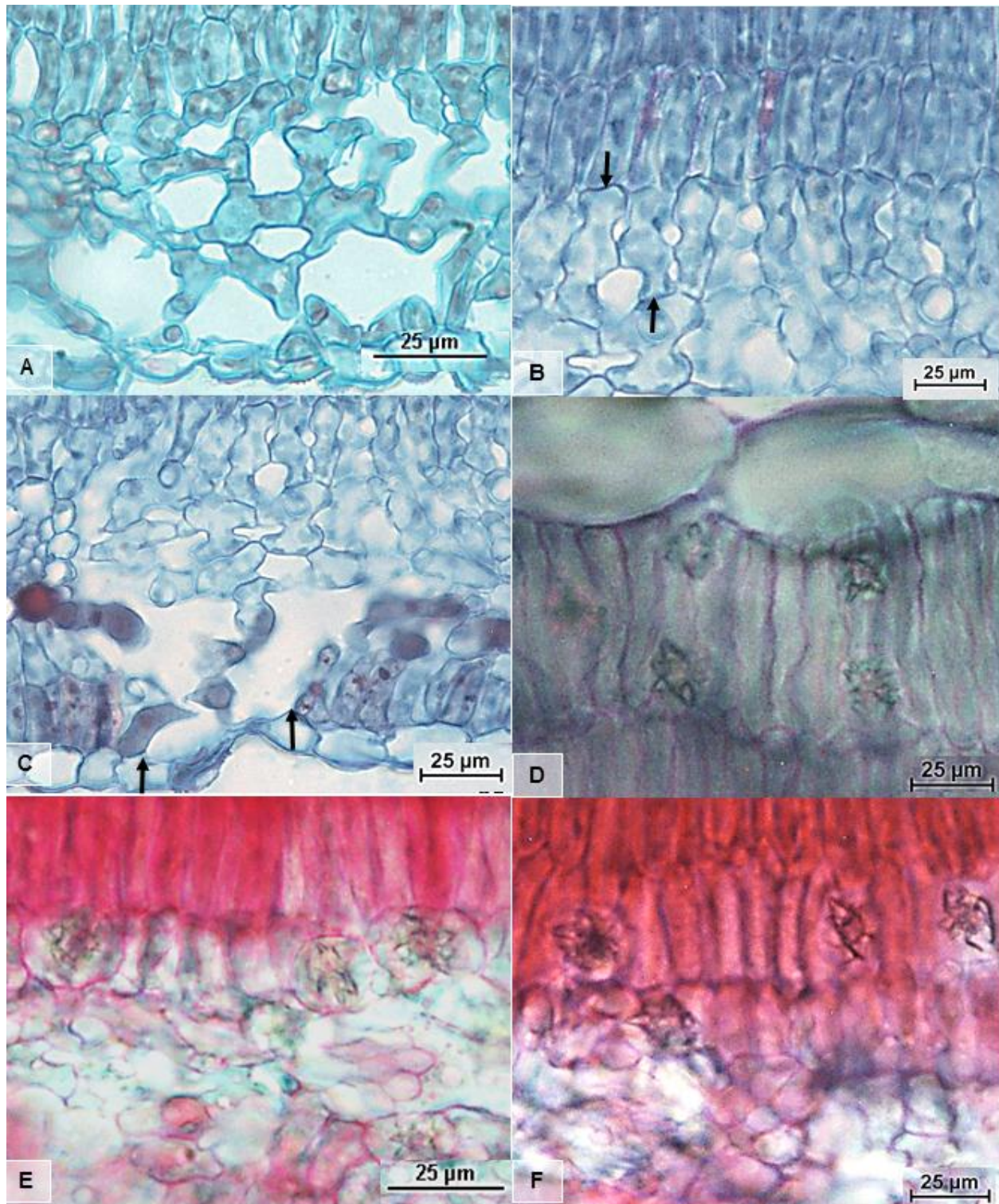


Figura 16. Cortes transversales de la lámina foliar de *F. cotinifolia*. A. Células del parénquima esponjoso en EM.I; B. Células del parénquima esponjoso como en empalizada en EM.III (flechas); C. Células del parénquima esponjoso con discontinuidad del parénquima en empalizada abaxial en EM.III (flechas); D. Drusas en el parénquima en empalizada adaxial en Ver.II; E, F. Drusas en ambos parénquimas en Chis. (E) Drusas en el parénquima esponjoso y (F) Drusas en el parénquima en empalizada adaxial.

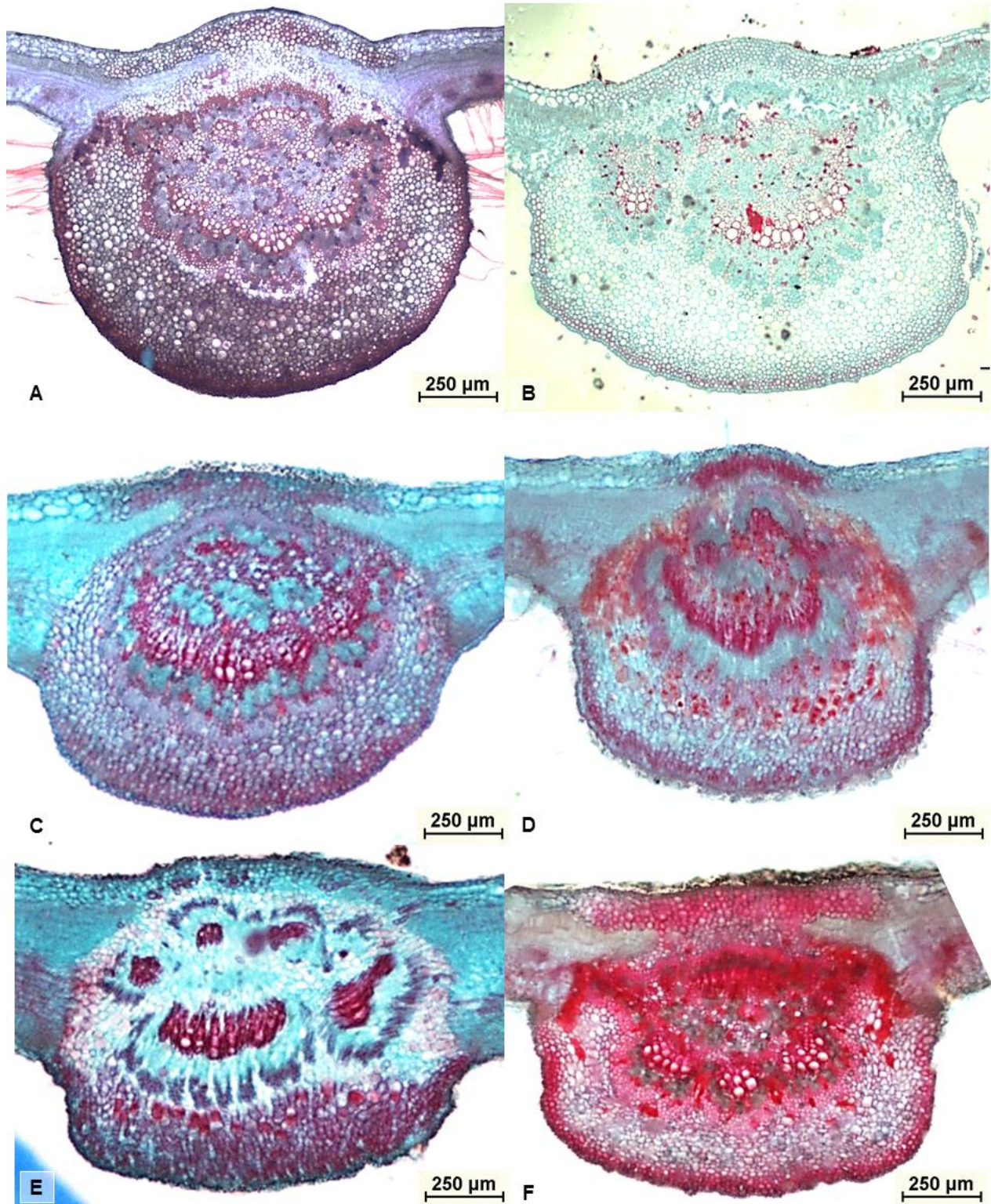


Figura 17. Corte transversal de la vena media de *F. cotinifolia*. A-C. Venas con contorno redondo en Ver.I (A), EM.I (B) y Gro.I (C); D-F. Venas con contorno plano en Jal.I (D), Sin.I (E) y Oax.I (F)

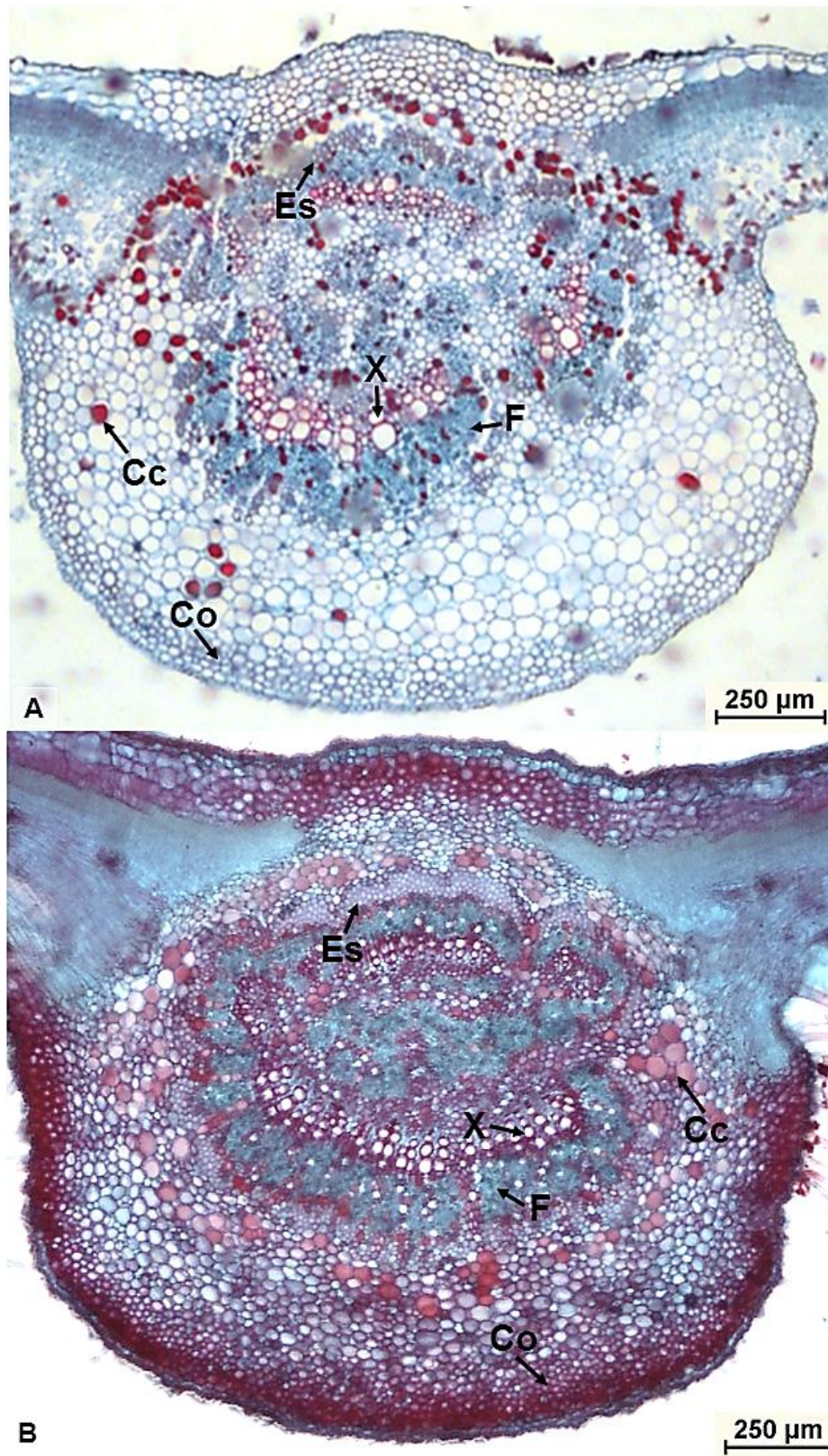


Figura 18. Sección transversal de la vena media en EM.III (A) y Tams.I (B); X=Xilema; F=Floema; Co= colénquima; Es= esclerenquima; Cc= células con contenido o inclusiones.

Cuadro 4. Caracteres anatómicos cuantitativos de lámina para 12 individuos de *F. cotinifolia*. (valores de la media \pm desviación estándar); cel. ep. ada= célula de la epidermis adaxial, s/t= sin tricomas; **1.** Tams.I, **2.** Sin., **3.** Jal.I, **4.** EM.I, **5.** EM.II, **6.** EM.III, **7.** EM.IV, **8.** Ver.I, **9.** Ver.II, **10.** Gro.I, **11.** Oax.I, **12.** Chis.

	<i>Tams.I</i>	<i>Sin.</i>	<i>Jal.I</i>	<i>EM.I</i>	<i>EM.II</i>	<i>EM.III</i>	<i>EM.IV</i>	<i>Ver.I</i>	<i>Ver.II</i>	<i>Gro I</i>	<i>Oax.I</i>	<i>Chis.</i>
Grosor de lámina (μm)	263.43 ± 15.24	242.34 ± 1.98	251.14 ± 18.36	188.68 ± 8.48	238.65 ± 10.54	205 ± 13.53	208.57 ± 7.20	192.99 ± 8.70	242.39 ± 5.87	176.08 ± 7.38	248.54 ± 8.39	196.62 ± 13.80
% parénquima empalizada	51.04	47.93	38.39	45.46	51.20	37.95	38.94	50.37	44.79	37.25	45.44	50.34
% parénquima esponjoso	48.95	52.06	61.60	54.53	48.79	62.04	61.05	49.62	55.20	62.74	54.55	49.65
Ancho de cel.ep.ada (μm)	10.76 ± 1.90	7.84 ± 1.56	7.41 ± 1.48	11.54 ± 2.48	7.71 ± 1.13	9.20 ± 3.40	10.65 ± 1.80	12.17 ± 3.52	9.29 ± 1.73	8.31 ± 2.29	9.50 ± 2.37	7.14 ± 1.36
Largo de cel.epi.ada (μm)	16.40 ± 4.42	15.56 ± 3.91	16.38 ± 4.14	18.50 ± 4.34	12.53 ± 3.27	17.94 ± 3.40	16.33 ± 5.30	16.48 ± 3.08	17.22 ± 4.13	20.49 ± 7.20	19.04 ± 5.74	16.36 ± 3.78
Numero de tricomas/mm²	80.8 ± 12.62	s/t	75.6 ± 8.52	34.8 ± 5.34	20 ± 5.97	28.8 ± 4.91	13.2 ± 2.70	80 ± 7.54	66.4 ± 10.37	6.8 ± 1.93	s/t	s/t
Numero de estomas/mm²	1060 ± 183.79	820 ± 91.90	980 ± 175.11	740 ± 51.63	750 ± 52.70	760 ± 69.92	690 ± 110.05	790 ± 99.44	710 ± 144.91	720 ± 78.89	940 ± 69.92	710 ± 73.79
Ancho de estoma (μm)	18.69 ± 2.51	20.01 ± 1.84	18.97 ± 1.6	21.37 ± 1.97	18.42 ± 1.69	17.49 ± 1.64	19.90 ± 1.52	18.99 ± 1.68	21.10 ± 2.50	19.06 ± 1.72	21.67 ± 2.19	19.57 ± 2.63
Largo de estoma (μm)	19.45 ± 1.71	23.25 ± 2.42	22.93 ± 1.76	21.26 ± 1.97	23.95 ± 1.98	24.30 ± 2.84	24.29 ± 1.99	24.49 ± 2.18	27.00 ± 3.02	24.69 ± 1.85	25.61 ± 2.47	24.27 ± 2.47

Cuadro 5. Caracteres anatómicos cualitativos de la lámina de *F. cotinifolia*. **1.** Tams.I, **2.** Sin., **3.** Jal.I, **4.** EM.I, **5.** EM.II, **6.** EM.III, **7.** EM.IV, **8.** Ver.I, **9.** Ver.II, **10.** Gro.I, **11.** Oax.I, **12.** Chis.; ad= adaxial, ab= abaxial, st= sin tricomas, *= base del tricomas con cristales de arenisca abpe= en la superficie abaxial son pequeños y escasos, adpe= en la superficie adaxial son pequeños y escasos, cu= cuadrangulares, rec= rectangulares, cir= circulares, ova= ovalado, ca= campana, pir= pirámide, do= domo, abe= abaxiales escasos, cue= cuadrangulares escasas, cire= circulares escasas, rece=rectangulares escasas, cae=campana escasos, ovae= ovalados escasos doe= domo escasos ()= escaso dru=drusas; dis= discontinuo (\cap = No. de estratos celulares del parénquima esponjoso en las zonas hacia la superficie abaxial donde se forma parénquima en empalizada; U= No. de estratos celulares del parénquima esponjoso en las zonas hacia la superficie abaxial donde no se forma parénquima en empalizada).

	<i>Tams.I</i>	<i>Sin.</i>	<i>Jal.I</i>	<i>EM.I</i>	<i>EM.II</i>	<i>EM.III</i>	<i>EM.IV</i>	<i>Ver.I</i>	<i>Ver.II</i>	<i>Gro.I</i>	<i>Oax.I</i>	<i>Chis.</i>
Presencia de tricomas en superficies	ab	st	ad/ab	ad/ab	ad/ab	ad/ab	ad/ab	ab*	ab	ad/abpe	st	adpe
Forma de cél. epi. adaxial	cu	rec/cu	rec/cu	rec/cir	rec/cu	rec/cu	rec/cir/cue	rec/cu	rec/cu	rec/cu	rec/cu	rec/cu
Forma de cél. epi. abaxiales	cu/rece	rec/cu	cir/cu	rec/cir	rec/cu	rec/cir	rec/cir	rec/cir	rec/cue	rec/cu/cire	rec/cu/cire	rec/cir
Forma de litocistos	ova	ca	ca/ovae	ova	ca/ovae	ca/ovae	ca/ovae	ova/cae	ca/pir	ca/pir/doe	ca/pir/doe	ca/doe
Posición de litocistos	ad	ad/be	ad	ad	ad	ad	ad	ad/abpe	ad/abpe	ad/abe	ad/abe	ad/abpe
No. estratos de hipo.	2-3(4)	2(1-3)	1-2(3)	1(2)	1(2)	1(2)	1(2)	1(2)	(1)2-3(4)	1(2)	1-2(3)	1(2)
Forma de céls hipo.	rec	rec/cue	rec/cue/cire	rec/cue/cire	cir/rece	rec/cire	rec/cue/cir	cir/cue	rec/cu/cire	rec/cue	rec/cu/cire	rec/cu

No. estratos pa empaliz adaxial	3(4)	3	2-3	2 (3)	2-3	2 (3)	2(3)	2(3)	3 dru	2	2(3)	2-3 dru
No. estratos pa empaliz abaxial	2 dis	1-2 dis	2 dis	1 dis	1dis	1 (2) dis	1 dis	1 dis	(1) 2 dis	1 dis	1 (2) dis	1 (2) dis
No. estratos pa esponjoso	5n~6-7U	3-4n~7- 8U	3-4n~7-8U	3-4n~4-5U	3n~4-5U	4n~5-6U	4-5n~5- 6U	5n~ 6U	5n~6-7U	5n~5U	5n~5-7U	4-5n~5-6- 7U

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Los resultados de la correlación entre caracteres morfológicos revelaron que sólo el largo de la lámina se asocia negativa y significativamente con la latitud (Cuadro 6; $r = -0.30$, $p \leq 0.05$); aunque con un valor no significativo, el ancho también. Anatómicamente se observó que el número de tricomas/mm² es el único carácter que muestra una asociación positiva y significativa con la longitud (Cuadro 7; $r = 0.70$, $p \leq 0.01$) esto es, un mayor número de ejemplares que se distribuyen hacia el pacífico tienden a presentar tricomas que en aquellos que habitan localidades ubicadas hacia el Golfo de México. A pesar de que la latitud no mostró valores significativos, se observa que el parénquima esponjoso disminuye en los ejemplares que se distribuyen hacia el norte ($r = -0.30$) y como es de esperarse, los porcentajes entre el parénquima en empalizada y esponjoso muestran una correlación inversamente proporcional, cuando el parénquima en empalizada aumenta el esponjoso disminuye.

Cuadro 6. Coeficiente de Correlación de Pearson para caracteres morfológicos cuantitativos entre longitud y latitud **= $p \leq 0.05$, ^{n.s}=no significativo

	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
<i>Caracteres morfológicos. cuantitativos</i>	<i>Coefficiente de Correlación</i>	
Largo	-0.30**	0.05 ^{n.s}
Ancho	-0.26 ^{n.s}	-0.03 ^{n.s}
Ángulo del ápice	0.16 ^{n.s}	-0.07 ^{n.s}
Ángulo de la base	0.21 ^{n.s}	0.0048 ^{n.s}

Cuadro 7. Coeficiente de Correlación de Pearson para caracteres anatómicos cuantitativos entre longitud y latitud **= $p \leq 0.05$, ^{n.s} =no significativo

	<i>Longitud</i>	<i>Latitud</i>
<i>Caracteres anatómicos. cuantitativos</i>	<i>Coeficiente de Correlación</i>	
Largo. cel. epi. ada	-0.23 ^{n.s}	-0.40 ^{n.s}
Ancho. cel. epi. ada	-0.02 ^{n.s}	0.06 ^{n.s}
% paren. empalizada	0.17 ^{n.s}	0.30 ^{n.s}
% paren. esponjoso	-0.17 ^{n.s}	-0.30 ^{n.s}
No. de tricomas / mm ²	0.70**	0.34 ^{n.s}
No de estomas / mm ²	-0.06 ^{n.s}	0.39 ^{n.s}
Largo de estomas	0.04 ^{n.s}	-0.54 ^{n.s}
Ancho de estomas	-0.13 ^{n.s}	-0.17 ^{n.s}

ANÁLISIS DE SIMILITUD

Se elaboraron dos fenogramas construidos a partir del coeficiente de similitud de Ochiai y el método de agrupación UPGMA (Apéndice III). El primero se elaboró con los caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos de los 38 ejemplares (Fig. 19), que revela la ordenación de dos grupos relacionados a una distancia de 0.86. El Grupo I conformado por individuos de la región centro-sur se define a una distancia de 0.81 e incluye a 19 entidades federativas; el individuo más distante del grupo corresponde a **EM.III** (0.77), en cambio los correspondientes a **Oax.IV** y **Gro.III** son idénticos en sus caracteres morfológicos, separándose **Gro.IV** de éstos a una distancia de 0.45; otro par idéntico fue **Ver.I** y **EM.IV**, que se separan de **Chis.** a una

distancia de 0.62. El Grupo II conformado por individuos de la región centro-norte, incluye 19 entidades federativas. **Son.** muestra las características más disímiles del grupo, separándose de éste a una distancia de 0.67, contrario a **Mor.I**, **Jal.I** y **Gro.I** los cuales resultaron con caracteres morfológicos idénticos; **Tams.II** se separa de éstos a una distancia de 0.45. Otras hojas idénticas en el grupo II fue **Pue.II** y **Oax.III**, separándose de éstos **Ver.IV** a una distancia de 0.38, otro par idéntico fue **Oax.I** y **Mich.I**.

El segundo fenograma se elaboró con caracteres morfológicos y anatómicos cuantitativos y cualitativos de los 12 ejemplares utilizados para la anatomía. La Figura 20, muestra que morfo-anatómicamente hay variación entre las muestras de un mismo sitio, ordenándose también en dos grupos que se relacionan a una distancia de 0.87; El grupo I incluye solo 3 identidades federativas, se definen a una distancia de 0.76 y se separa a este mismo nivel **Ver.I** en donde se reconocen los caracteres morfo-anatómicos de las hojas con mayores diferencias dentro de este pequeño grupo; mientras que **Ver.II** y **EM.IV** son los más parecidos morfo-anatómicamente encontrándose a una distancia de 0.60. El grupo II incluye a 9 identidades federativas y se define a una distancia de 0.74; siendo **EM.I** el que más distancia muestra dentro del grupo; en cambio **Jal.I** y **Tams.I** son los más similares morfo-anatómicamente (0.20).

Figura 19. Fenograma por el método de agrupamiento (UPGMA) de caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos para 38 individuos de *F. cotinifolia*

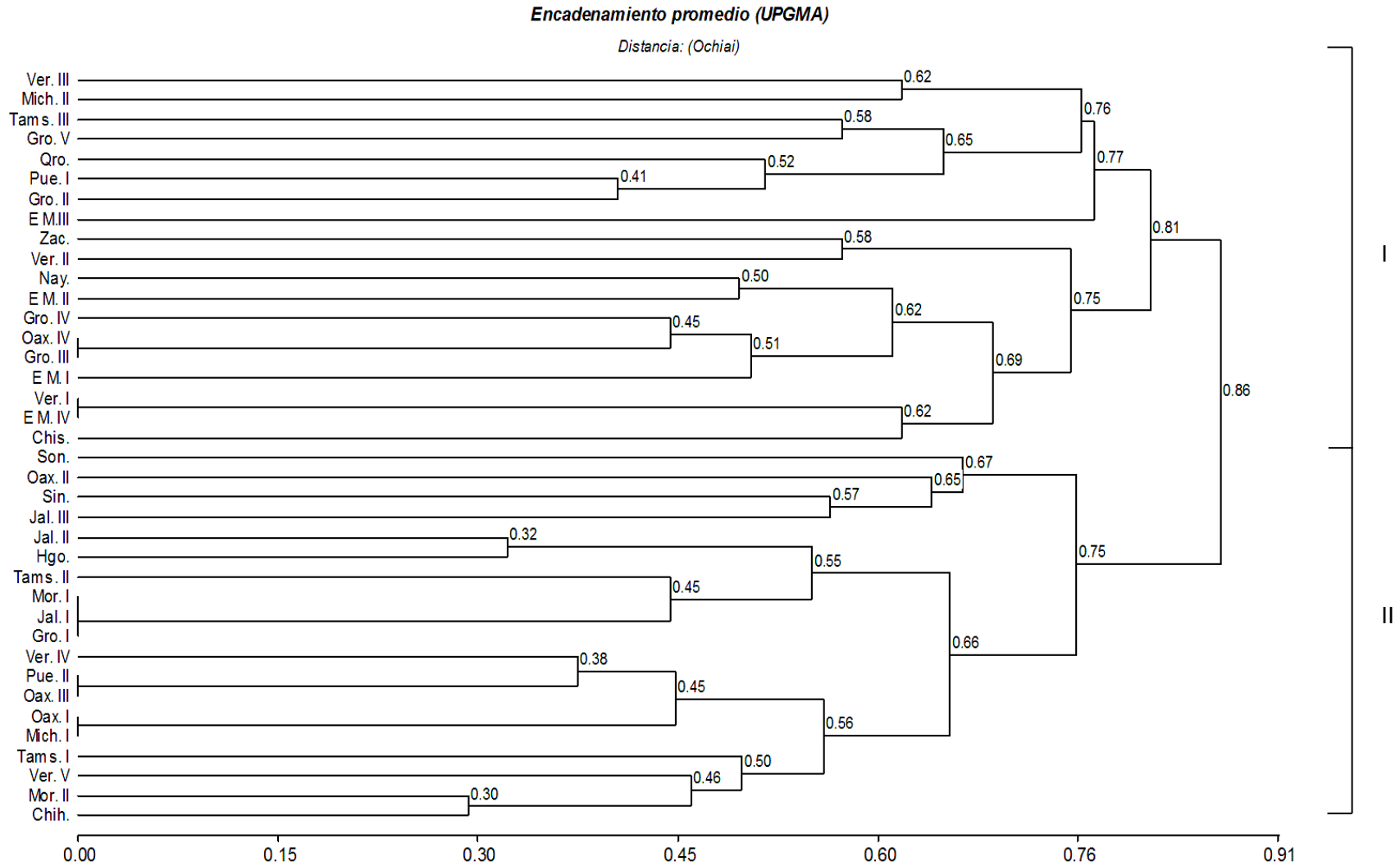
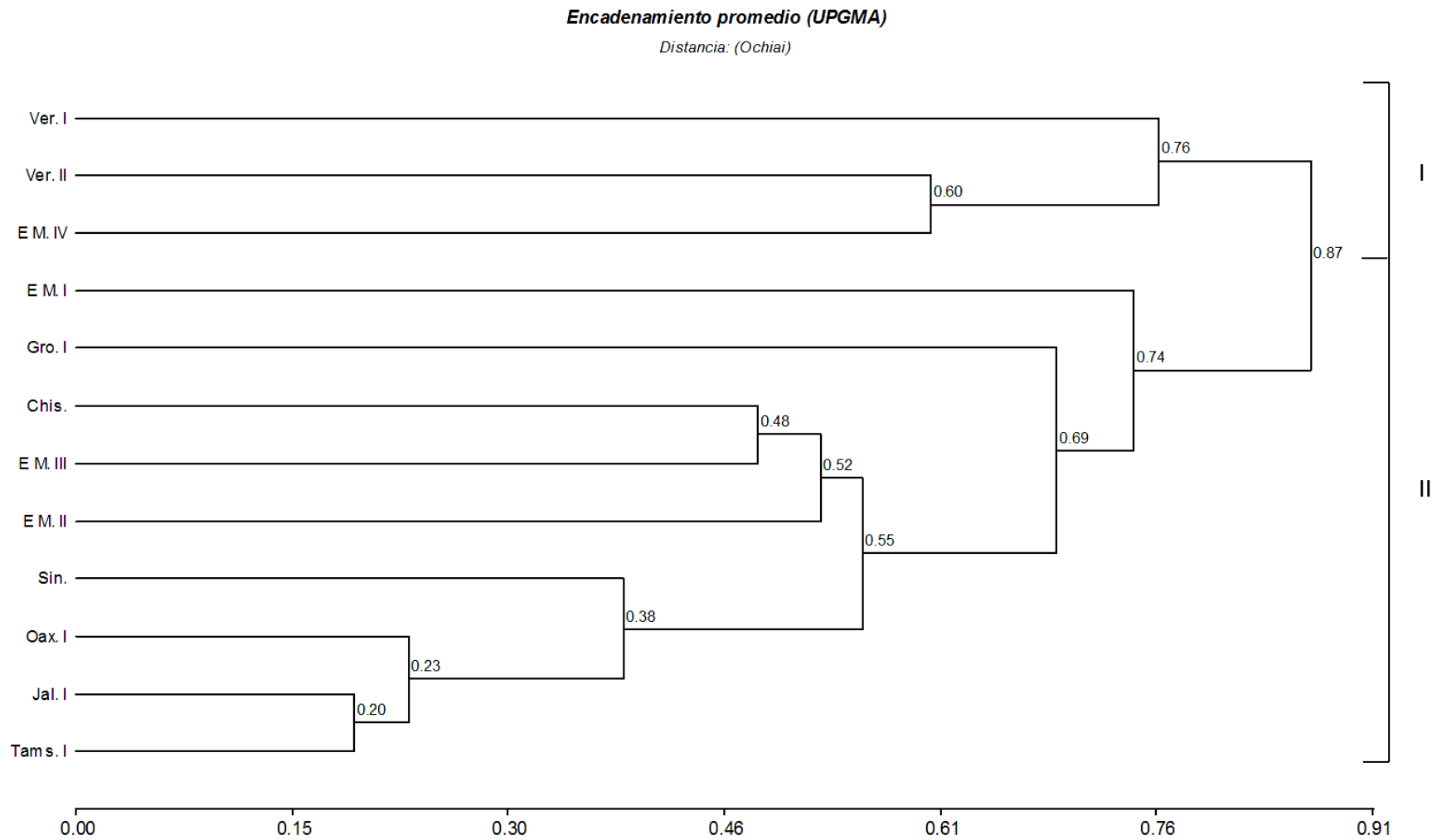


Figura 20. Fenograma por el método de agrupamiento (UPGMA) de caracteres morfo-anatómico cuantitativos y cualitativos para 12 individuos de *F. cotinifolia*



El cuadro 8 muestra los promedios de los caracteres morfológicos cuantitativos, el Grupo I tienen mayor tamaño y ángulos $< 90^\circ$, mientras que las hojas del Grupo II tienen menor tamaño y ángulos $> 90^\circ$.

El cuadro 9 muestra los promedios de los caracteres morfo-anatómicos cuantitativos, el Grupo I tiene menos parénquima en empalizada adaxial, menor número de estomas y láminas más grandes, mientras el Grupo II tiene más parénquima en empalizada adaxial, mayor número de estomas y láminas más pequeñas

Cuadro 8. Comparación entre los promedios de los cuatro caracteres morfológicos cuantitativos de cada grupo de acuerdo con el análisis de similitud

carácter	Grupo I	Grupo II
Largo de lámina	9 cm	7.1cm
Ancho de lámina	5.1cm	5 cm
Ángulo del ápice	87°	98°
Ángulo de la base	80°	91°

Cuadro 9. Comparación entre los promedios de seis caracteres morfo-anatómicos cuantitativos de cada grupo de acuerdo con el análisis de similitud

carácter	Grupo I	Grupo II
% Parenquima en empalizada	44.7 %	45 %
% Parenquima esponjoso	55.29 %	55%
Numero de estomas/mm ²	466 est./ mm ²	831 est./ mm ²
Grueso de lámina (µm)	214 µm	223 µm
Largo de lámina (cm)	9.55 cm	8 cm
Ancho de lámina (cm)	6 cm	5cm

DISCUSIÓN

MORFO-ANATOMÍA FOLIAR DE *F. COTINIFOLIA* CON RESPECTO A OTRAS ESPECIES DEL SUBGÉNERO *UROSTIGMA*

De acuerdo con Ibarra-Manríquez *et al.* (2012) *F. cotinifolia* muestra una gran variación morfológica en el tamaño y forma de las hojas, así como en su pubescencia, entrenudos de las ramas y yema foliar. Los estados de caracteres morfológicos evaluados en este trabajo, se han descrito de manera parcial en otros estudios y se encuentran en otras especies del subgénero *Urostigma*, al cual pertenece *F. cotinifolia* (Durán-Ramírez *et al.*, 2010; González-Castañeda *et al.*, 2010; Ibarra-Manríquez *et al.*, 2012; Piedra-Malagón *et al.*, 2006). Con base en los ejemplares analizados y contrastando con la literatura, es probable que dicha variación foliar este dada en parte, porque que no existe homogeneidad al describirla; por ejemplo, cuando la base es aguda suele reconocerse como cuneada; se dice que hay bases trucadas posiblemente cuando el carácter redondeado está muy marcado. El ápice también se señala como truncado cuando en este trabajo se determinó como retuso, ya que el ápice se observó mellado y no recto. Con respecto al tamaño foliar, el ancho y largo es proporcional al tamaño, como en otras especies del subgénero (Durán-Ramírez *et al.*, 2010; González-Castañeda *et al.*, 2010; Ibarra-Manríquez *et al.*, 2012; Piedra-Malagón *et al.*, 2006). Sin embargo, se encontró que hay caracteres foliares en *F. cotinifolia* poco comunes en otras especies del subgénero *Urostigma*, como son la forma oblonga y el ápice retuso y mucronado (Loutfy *et al.*, 2005).

De acuerdo a Ibarra-Manríquez *et al.* (2012) en México, *F. cotinifolia* presenta una confusión con otras dos especies, *F. crassinervia* y *F. pringlei*. Si se comparan los caracteres morfológicos de *F. cotinifolia* con los de las dos especies mencionadas, se observa que el tamaño de la lámina puede

ser un carácter que ayude a *F. cotinifolia*, al mostrar menor tamaño (Cuadro 10); sin embargo, se sugiere realizar estudios de variación intraespecífica foliar en *F. crassinervia* y *F. pringlei*.

Cuadro 10. Comparación de caracteres morfológicos para diferenciar la lámina de *F. cotinifolia*, *F. crassinervia* y *F. pringlei* (caracteres tomados de Ibarra-Manríquez *et al.*, 2012)

<i>Caracteres</i>	<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Ficus crassinervia</i>	<i>Ficus pringlei</i>
Largo y ancho de lámina	4-11, 2-6 cm	3-13.5, 2-8.6 cm	3.5-13, 2-7.2 cm
Forma de la lámina	elíptica, obovada, oblonga ovada	elíptica, ovada, raramente obovada,	elíptica u ovada, coriácea,
Ápice	obtuso, agudo, redondeado, retuso, mudronado	agudo, obtuso o mucronado, raramente retuso	agudo u obtuso
Base	agudo, cordada, obtusa, redondeada	truncada, redondeada o aguda,	obtusa o subcordada

Debido a la variación morfológica ya mencionada entre las especies citadas, distintos autores han reconocido a *F. cotinifolia* como un complejo taxonómico que posee un extenso margen de variabilidad (González-Castañeda *et al.*, 2010; Ibarra-Manríquez *et al.*, 2012; Piedra-Malagón *et al.*, 2006) y que otros la separan en especies o categorías subespecíficas (Carvajal *et al.*, 2001); en ambos casos sin conocer claramente los caracteres que lo distinguen en subespecies o la relación de factores ambientales que influyen en dicha variabilidad. En este trabajo se reconoce una amplia variación de diferentes caracteres morfo-anatómicos relacionados con la ubicación geográfica, como se ha demostrado en numerosos estudios para otros taxa. En todos ellos los aspectos climáticos definen respuestas estructurales en diferentes órganos y tejidos (Galindo *et al.*, 2020; Marques *et al.*, 2012; Ribeiro y Franca, 2006).

La estructura anatómica de la lámina foliar de *F. cotinifolia* se describió con base en los caracteres que se usan en otras especies del género; en dichas descripciones no se registra a *F.*

cotinifolia, por lo que su anatomía foliar se describe por primera vez. Se reconoce que, en la mayoría de las especies de *Ficus*, la epidermis adaxial consiste en dos estratos de células, pero este número puede variar con solo uno, como en el subgénero *Urostigma*, o hasta tres o más en los miembros de evolución más avanzada (Van Greuning *et al.*, 1984).

Sin embargo, para otros autores sólo se distingue una epidermis simple por debajo de la cual hay una hipodermis, que puede variar en número de estratos. En este trabajo para *F. cotinifolia*, también se reconoce un sólo estrato en la epidermis por encima de una hipodermis con células más grandes y un número de estratos que puede variar de uno a cuatro, tal como la describen diversos autores (Araújo *et al.*, 2013; Chantarasuwan *et al.*, 2014; Sonibare *et al.*, 2006). Ellos refieren una hipodermis como el segundo estrato más ancho y largo de células irregulares en comparación con el primero que es el más externo formado por células más regulares, esto es, con la epidermis. De acuerdo con Nakamura *et al.* (2015), la hipodermis en otros géneros, como *Piper*, regula la intensidad de la luz protegiendo al parénquima en empalizada del exceso de la misma.

Las hojas en el género *Ficus* son principalmente hipostomáticas, aunque en otras especies del género éstos se reconocen en ambas epidermis (anfiestomáticas), como en *Ficus callosa* Willd (Khan *et al.*, 2011). Con base en la literatura se registran tres tipos de aparatos estomáticos; anomocíticos, actinocíticos y paracíticos (Van Greuning *et al.*, 1984; Khan *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2013; Chantarasuwan *et al.*, 2014). Para el caso de *F. cotinifolia* se reconoce con hojas hipostomáticas y estomas de tipo anomocítico, con tamaños que fluctúan entre 19 a 27 x 17 a 21 µm. De acuerdo a Araújo *et al.* (2013) el largo y ancho de los estomas varía entre taxa y es un carácter distintivo para distinguir entre *Ficus caatingae* R.M. Castro, *Ficus cyclophylla* (Miq.) Miq. y *Ficus elliotiana* S. Moore. Sin embargo, Chantarasuwan *et al.* (2014) consideran que las

condiciones ambientales influyen en el tamaño de los estomas, por lo que este atributo es insuficiente para que se use como diagnóstico.

La densidad estomática (Núm. de estomas/mm²) de *Ficus* no se ha utilizado como un carácter para la distinción de especies, pero los valores que se presentan en *F. cotinifolia* (600 a 1000 estomas/mm²) muestran un intervalo de densidad alta en comparación con otros árboles de bosque tropical como *Annona muricata* L. y *Annona montana* Macfad con 110 a 132 (Perés-Martínez *et al.*, 2004) y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., con 83 a 107 (González, 2013). La densidad y el tamaño pueden variar en función de la posición foliar y de las condiciones de crecimiento; incluso dentro de una misma especie puede existir un gran componente genético de variación entre los diferentes ecotipos (Azcón-Bieto y Talón, 2013), se sabe que una posible explicación es que las plantas de gran porte requieren densidades estomáticas elevadas, en primer lugar para producir una corriente transpiratoria intensa y por tanto, para impulsar el transporte de agua y nutrientes hasta la parte superior de las plantas altas (cuando los estomas están abiertos) y, en segundo lugar, para proporcionar una protección flexible, especialmente contra la cavitación en el xilema, a fin de evitar los efectos negativos de una limitación de agua cuando los estomas están cerrados (Azcón-Bieto y Talón, 2013); esto podría explicar la alta densidad estomática en *F. cotinifolia* y reconocer que es un carácter que puede favorecer su amplia distribución en México.

La observación de estrías irregulares en las células acompañantes alrededor de las células oclusivas en *F. cotinifolia*, se ha descrito en *F. cyclophylla* y *F. elliotiana* para quienes se ha explicado que poseen una cubierta con una ancha cutícula sobre la superficie abaxial, donde se forman estriaciones y crestas cutinizadas principalmente en las células oclusivas, las estrías son de orientación irregular y ocasionalmente radian de las células oclusivas (Araújo *et al.*, 2013); posiblemente, de la misma forma las estrías de las células acompañantes en *F. cotinifolia* se

producen por la formación de una cutícula ancha. La importancia de la cutícula en su función taxonómica, es que varía considerablemente en su arquitectura dependiendo de la especie y ontogenia ya que puede diferir evidentemente en el ancho (Yeats y Rose, 2013).

Los tricomas de la familia Moraceae han sido reconocidos y descritos para *Morus*, *Broussonetia*, *Maclura* y *Ficus* (Azizian, 2002; Chantarasuwan *et al.*, 2014). Los tipos de tricomas para *F. cotinifolia*, unicelulares filiformes “cerdosos” y glandulares “capitados”, están dentro de las características que se reconocen para la familia y en *Ficus* su posición, tamaño y abundancia pueden mostrar variación. Por ejemplo, los tricomas filiformes pueden ser largos o cortos y estar en ambas superficies o solo en la abaxial, aunque también pueden estar ausentes. La presencia de este tipo de tricomas puede provocar el comienzo de turbulencias en la superficie de las hojas (en la capa límite) mejorando la fotosíntesis y el intercambio de gas (Schreuder *et al.*, 2001). Así con respecto a la densidad de tricomas, Ichie *et al.* (2016) han reportado que las especies del bosque tropical lluvioso con diferentes tipos de forma de crecimiento, tiene una densidad de tricomas de (20 a 189 tricomas/mm²) *F. cotinifolia* tiene de 6 a 80 tricomas/mm² considerándolo con una densidad baja de tricomas tomado en cuenta que también hay individuos que no poseen tricomas. Ichie *et al.* (2016) sugieren que las especies vegetales se adaptan plásticamente esto es que ajustan los caracteres morfológicos de sus tricomas y estomas adaptándolos al hábitat de crecimiento considerando efectos de contexto filogenético y factores ambientales.

Los tricomas glandulares están formados por un pie unicelular y una cabeza de 2-4-16 células; en *F. cotinifolia* éstas tienen de 2 a 4 células. Este tipo de tricomas sólo se localizan en la superficie abaxial, como en la mayoría de las especies del género, excepto en *Ficus johannis* Boiss. que los muestra en ambas superficies. Es importante mencionar que los tricomas son más numerosos en las hojas jóvenes y que se van perdiendo conforme la hoja alcanza madurez (Van Greuning *et al.*,

1984; Azizian, 2002; Khan *et al.*, 2011; Chantarasuwan *et al.*, 2014), por lo que su estudio en diferentes fases de desarrollo de la hoja, podría ser más asertivo cuando se usa como carácter taxonómico. Así pues, pueden ser un carácter adicional en la identificación como por ejemplo Azizian (2002) separó con base en los tipos de tricomas y presencia/ausencia, diversos géneros de Moraceae. En cuanto a su función, es conocido que tanto los tricomas filiformes como los tricomas glandulares proporcionan resistencia contra plagas de insectos. Los tricomas glandulares pueden secretar fluidos viscosos, este tipo de exudados actúa como pegamento atrapando a insectos y los tricomas no glandulares atacan como una barrera mecánica a insectos de tamaño pequeño (Peter y Shanower, 1998).

Los litocistos son células especializadas de la epidermis, en el género *Ficus* su ubicación es conocida generalmente en ambas superficies de la lámina; sin embargo, en pocas especies están limitadas a una sola de ellas (Philpott, 1953). En los miembros del subgénero *Urostigma* se reconocen principalmente en la superficie abaxial (Chantarasuwan *et al.*, 2014; Van Greuning *et al.*, 1984), pero se menciona que hay excepciones; como se observa en *F. cotinifolia*, con litocistos en ambas superficies, siendo los de menor tamaño y más escasos aquellos que se encuentran hacia la superficie abaxial; esta característica es reconocida por Van Greuning *et al.* (1984) para las especies que tienen litocistos en ambas superficies.

Se han utilizado las células idioblásticas y sus inclusiones como un buen criterio para la identificación de géneros y especies; así, Ummu-Hani y Noraini (2013) concluyeron que caracteres del cistolito tales como tamaño, forma, color y distribución, se pueden usar como un carácter adicional en la identificación de grupos en *Ficus*. En el caso de *F. cotinifolia* solo se evaluó la forma de los litocistos, la cual mostró variación, reconociéndose cuatro tipos celulares;

por lo que este carácter podría incluirse en las descripciones anatómicas para otras especies y evaluar su utilidad en la taxonomía del género.

Se conoce que los cistolitos, formados dentro de los litocistos, están constituidos de carbonato de calcio y que son excrescencias de la membrana, encontrados en el parénquima fundamental y en la epidermis (Esau, 1985). La presencia de los litocisto en *F. cotinifolia* podría considerarse un carácter beneficioso. Recientemente, Pierantoni *et al.* (2018) encontraron que en las hojas de algunas especies de *Ficus* mejoran la fotosíntesis, ya que los cistolitos redistribuyen la luz tanto de la superficie adaxial como de la abaxial, dispersando la luz al interior de las hojas en zona privadas de luz y además favorecen la recolección de la misma, lo que contribuye a una iluminación más uniforme dentro de la hoja.

Con respecto al mesofilo se ha registrado que en *Ficus* las hojas son predominantemente xeromorficas (Philpott, 1953). Dicha adaptación se reconoce para *F. cotinifolia*, ya que presenta mesofilo isolateral y un amplio número de estratos del parénquima en empalizada adaxial (Esau, 1985; Ivanova y P'yankov, 2002; Philpott, 1953). Se ha reportado que una alta intensidad lumínica incrementa el desarrollo del parénquima empalizada, ya que éste tiene el rol de filtrar la luz protegiendo los pigmentos en el tejido esponjoso contra la acción destructiva de la intensidad de la luz (Starzecki, 1962). De la misma forma, el parénquima esponjoso también está bien desarrollado en *F. cotinifolia*, mostrándose con un porcentaje ligeramente más alto (55%) que el del parénquima en empalizada. Es posible que la amplia proporción del parénquima esponjoso también se deba a la alta exposición de luz intensa, ya que plantas de sol o heliófilas desarrollan epidermis, parénquima esponjoso y sistema vascular más gruesos, junto con otra serie de características, tales como una gran cantidad de estomas (Azcón-Bieto y Talón, 2013; Philpott, 1953); este último también registrado en *F. cotinifolia*. Respecto a las inclusiones coloidales de

color rojo observadas en el mesofilo de *F. cotinifolia*, Esau, (1985) las describe como una categoría específica de compuestos fenólicos y sus derivados como taninos, flavonoides sustancias amorfas amarillas y antocianinas pigmentos azulados y rojizos. Éstos tienen una función como sustancias que protegen al protoplasto contra la desecación, putrefacción y destrucción por animales, como sustancias de reserva, como sustancias asociadas a la formación y transporte de azúcares; como antioxidante y como coloides protectores que mantienen la homogeneidad del citoplasma. Otras inclusiones como son las drusas también se observaron en el mesofilo, las cuales se han reconocido en el subgénero *Urostigma*. De acuerdo con Chantarasuwan *et al.* (2014) y Pierantoni *et al.* (2018), las drusas son comunes en el mesofilo, pero también ocurren en el parénquima floemático de la vena media y peciolo a lo largo de los haces o agrupados; esto con la finalidad de proveer soporte. También se sabe que la morfología de los cristales y su distribución dentro de los tejidos de la planta son específicos para reconocer taxas (Jáuregui-Zuñiga y Cárcamo, 2003). Los cristales están constituidos de sales de calcio, la más frecuente es el oxalato cálcico (Esau, 1985; Pierantoni *et al.*, 2018). Estos cristales pueden actuar como mecanismo de defensa en las plantas, se sabe que los insectos al alimentarse y consumir el oxalato cálcico sufren una reducción en su crecimiento e incrementa la mortalidad, esto sugiere que los cristales actúan como una defensa antinutritiva impidiendo la alimentación de insectos (Jáuregui-Zuñiga y Cárcamo, 2003; Korth *et al.*, 2006).

Finalmente, *F. cotinifolia* presenta en la anatomía de la vena media una serie de características, que son reconocidas para diferentes especies del género (Araújo *et al.*, 2013; Chantarasuwan *et al.*, 2014; Sonibare *et al.*, 2006). Parte de ellas es la formación de varios estratos de colénquima debajo de ambas epidermis (Chantarasuwan *et al.*, 2014) y el desarrollo de floema en porciones internas del tejido vascular (Araújo *et al.*, 2013). La forma de arco observada en *F. cotinifolia*, presenta los tres arreglos del sistema vascular reconocidos para el género, esto es, puede ser un

arco abaxial, uno adaxial, o cuatro arcos cerrándose en la superficie adaxial; al respecto Araújo *et al.* (2013) y Sonibare *et al.* (2006) mencionan que los patrones del sistema de vascular, así como su contorno contribuyen a fomentar la delimitación en el género. Las inclusiones de color rojo en esta zona parecen estar generalizados en toda la hoja, ya que también se apreciaron en el mesofilo.

CORRELACIÓN COORDENADA GEOGRÁFICA / CARÁCTER DE *F. COTINIFOLIA*

Las correlaciones que resultaron con diferencias significativas están relacionadas con el largo de la lámina, la cual se asocia negativamente con la latitud; mientras que anatómicamente el número de tricomas/mm² se asocia positivamente con la longitud; esto permite deducir que hacia latitudes y longitudes menores (15° N y 91°W), los individuos de *F. cotinifolia* tienden a desarrollar laminas más largas y glabras; en tanto los que se distribuyen hacia el norte presentan las láminas de menor tamaño; además de los que crecen hacia el pacífico (longitudes mayores, 107°W), pueden desarrollar más tricomas. Esto se puede explicar a partir de la asimetría climática que caracteriza a las dos vertientes de México, siendo la del atlántico más húmeda que la del Pacífico y es parte de un gradiente en el aumento de la aridez que afecta todo el país en dirección sureste-noroeste (Rzedowski, 1981; Zepeda, 2005). De esta forma los rasgos morfológicos de la lámina foliar, así como la cantidad o ausencia/presencia de tricomas en *F. cotinifolia*, parecen ser modificados en respuesta a diferentes condiciones climáticas. De acuerdo con Souza *et al.* (2018), la respuesta diferencial de una especie favorece su éxito en un intervalo de diferentes hábitats. También se ha observado que en hojas simples existe un incremento en su longitud y ancho con respecto a una mayor disposición de agua (Xu *et al.*, 2009). Esto puede explicar el porque los individuos de *F. cotinifolia* que crecen hacia el sur-sureste, desarrollan hojas más

largas. Esta tendencia al aumento de tamaño en menores latitudes, ha sido observada en otros taxones que se distribuyen en México, de esta manera Uribe-Salas *et al.* (2008) reconocieron patrones de variación morfológica para *Quercus rugosa* Née indicando que el tamaño de la hoja es mayor en el sur debido a que existe más humedad y menos sitios áridos, mientras que el tamaño de las hojas es gradualmente más pequeño hacia el norte, porque en esta región hay más sitios secos y áridos.

Con respecto a los tricomas, éstos podrían responder a la manera en que se distribuye la aridez y la insolación en el país, ya que las hojas con mayor número de tricomas se muestran hacia el pacífico. La parte noroeste y Pacífico central de México en el extremo occidental tiene una mayor aridez, junto con un porcentaje de insolación mayor del 80%, mientras que la insolación menor de 50% se presentan a lo largo de la sierra madre Oriental y en las montañas de Chiapas, que son las zonas de mayor nubosidad, la cual impide la insolación directa permitiendo mantener una alta humedad en el aire, reduciendo al mínimo la pérdida de agua por parte de las plantas (Rzedowski, 1981; Zepeda, 2005). Se sabe que los tricomas, funcionan como reflectores del amplio espectro de radiación teniendo el papel fisiológico de modular el balance energético. Las hojas expuestas a ambientes calurosos pueden regular y balancear el calor a través de enfriamiento transpiratorio, el cual requiere un suministro de agua o mediante la reducción de absorbancia en la hoja producido por los tricomas. Los tricomas adaxiales tienen una alta reflexión por el desarrollo de una densa pubescencia atendiendo las propiedades espectrales de la superficie adaxial, pero también puede exponerse una alta densidad de tricomas en la superficie abaxial, los cuales pueden proteger los estomas del daño de la radiación ultravioleta β (Bickford, 2016; Karabourniotis *et al.*, 1994)

CARACTERES QUE DEFINEN LOS GRUPOS POR SIMILITUD

El fenograma de los caracteres morfológicos foliares permitió reconocer dos grupos de individuos de *F. cotinifolia*. El Grupo I incluye aquellos que se distribuyen en la región centro-sur del país; éstos se asocian por la presencia de hojas con ápices y bases agudos ($\leq 90^\circ$) y formas que tienden a ser obovadas; además de que existe un promedio mayor en la relación largo y ancho de la lámina (Cuadro 8). En este grupo se encuentran las hojas de mayor tamaño con respecto a las del Grupo II, lo cual coincide con el análisis de correlación, en donde se observó que conforme la latitud disminuye el tamaño de la hoja aumenta ($r^2 = -0.30$). El más distante del Grupo I es **EM.III** apartándose del resto por el valor del largo y ancho de lámina (7.5:4.5 cm); reconociéndose el largo dentro de la categoría “mediana” y el ancho en la categoría “pequeño” (Apéndice II). Así, **Oax.IV** y **Gro.III** son idénticos por la lámina elíptica muy estrecha, mismo ángulo de ápice ($\leq 89^\circ$) y ancho de la lámina (≥ 5.6 cm), separándose de éstos **Gro.IV** por la forma de lámina elíptica estrecha y ángulo de la base con categoría mediana (87° a 99°). Otro par idéntico fue **Ver.I** y **EM.IV** asociándose por presentar base cordada, forma de lámina elíptica estrecha, largo de lámina con categoría (≥ 9.3 cm) y ancho de lámina con categoría (≥ 5.6 cm), separándose **Chis.** por la forma de lámina elíptica muy estrecha, ángulo de la base con categoría ($\leq 86^\circ$) y ancho de lámina con categoría (≤ 4.6 cm).

El Grupo II se constituye por individuos que se distribuyen en la región centro-norte del país; éste grupo se asoció por el ápice obtuso, base obtusa y cordada ($\geq 90^\circ$) con forma de las hojas elíptica y elíptica estrecha, así como un menor promedio en la relación largo y ancho (Cuadro 8). **Son.** es el más distante del grupo, distinguiéndose por presentar la lámina más pequeña y redonda de todo el grupo. En contraste, **Mor.I**, **Jal.I** y **Gro.I** fueron idénticos asociándose por la presencia de una

base obtusa, lámina elíptica, ángulos medianos del ápice (90° a 99°) y largos de lámina ≤ 6.8 cm; separándose de este conjunto **Tams.II** (que se distingue debido a que el largo/ancho de lámina se reconocen dentro de la categoría mediana, con 6.9 a 9.2/4.7 a 5.5 cm, respectivamente). El siguiente par idéntico fue **Pue.II** y **Oax.III**, los cuales se asocian porque sus hojas tienen la base cordada, lámina elíptica estrecha y ancho de lámina con categoría mediana (4.7 a 5.5 cm). Se parándose de este par **Ver.IV**, debido a que tiene la base obtusa. El último par idéntico fue **Oax.I** y **Mich.I** asociándose con los mismos caracteres cualitativos descritos para **Pue.II** y **Oax.III**, pero separándose de éstos debido a que el largo de lámina se presenta en la categoría mediana (6.9 a 9.2 cm).

A pesar de las similitudes que se observaron entre algunos individuos, en donde las características morfológicas foliares son casi idénticas entre especímenes provenientes del golfo y el pacífico (como en los casos de **Jal.II** y **Tams.I**; **Zac.** y **Ver.I**), este análisis permitió definir la formación de dos grupos de individuos de *F. cotinifolia* en función de su distribución geográfica. En general, las láminas foliares del grupo “centro-sur” tienden a ser más grandes, menos redondas con ángulos $< 90^{\circ}$ y de forma obovada; mientras que las láminas del grupo “centro-norte” tienden a ser más pequeñas, más redondas con ángulos $> 90^{\circ}$ y de forma elíptica. Así se entiende que los caracteres morfológicos y fisiológicos podrían estar asociados con variables climáticas (Souza *et al.*, 2018). A pesar de que *F. cotinifolia* se distribuye en bosques tropical caducifolio y subcaducifolio a lo largo del territorio nacional, en éste se reconoce un marcado gradiente en el aumento de la aridez en dirección sureste-noroeste, principalmente en el extremo occidental, y en el sureste una mayor precipitación (Rzedowski, 1981; Zepeda, 2005). Esto nos permite entender porque las hojas del norte tienden a ser más chicas y elípticas, dado por el

aumento en la aridez de esta región en comparación con las hojas del sur que son más grandes, influenciado posiblemente por una mayor humedad.

El segundo fenograma también revela la formación de dos grupos a partir de los caracteres morfo-anatómicos de *F. cotinifolia*. El Grupo I, pequeño, se asoció anatómicamente por la presencia litocistos en forma de campana, con 4-5 estratos de parénquima esponjoso donde se forma parénquima en empalizada abaxial y de 5-8 estratos donde el parénquima en empalizada abaxial no se forma, un menor porcentaje de parénquima en empalizada adaxial, menor número de estomas/ mm² y láminas más delgadas; morfológicamente por la presencia de base cordada con mayores dimensiones (Cuadro 9). Así, los más parecidos morfo-anatómicamente fueron **Ver.II** y **EM.IV** asociándose por presentar las tres formas de células hipodérmicas, largo medio (16.3 a 18.4 μm) de las células epidérmicas, con un número ≤ 715 estomas/mm² y ángulos de la base ≥ 97°. Separándose **Ver.I** por la presencia de dos formas de células hipodérmicas (cuadrangulares y circulares), con un número ≥ 75 tricomas/mm² y un largo de lámina ≥ 9.3cm.

El Grupo II fue heterogéneo en sus caracteres, los individuos se asociaron anatómicamente por la forma cuadrangular y rectangular de las células epidérmicas adaxiales, así como la forma rectangular de las células de la epidermis abaxial, la posición adaxial de los litocistos, la presencia de parénquima en empalizada adaxial de tres estratos, un mayor porcentaje de parénquima en empalizada adaxial, un número mayor de estomas/mm² y un mayor grosor de lámina, morfológicamente por la presencia de ápices obtusos y bases agudas con menores dimensiones (Cuadro 9).

Los más parecidos en caracteres morfo-anatómicos fueron **Jal.I** y **Tams.I** asociándose por la ausencia de parénquima en empalizada abaxial con un estrato, el largo de las células epidérmicas adaxiales con categoría media 16.3 a 18.4 μm, con una cantidad de estomas ≥ 940 estomas /mm²

y ángulos de la base $\geq 97^\circ$. Alejándose del grupo **EM.I** por la presencia de células con forma circular en la epidermis adaxial, ancho de las células epidérmicas adaxiales $\geq 10.8 \mu\text{m}$, largo de lámina $\geq 9.3 \text{ cm}$ y la presencia de ápice mucronado carácter que solo se presentó en este individuo.

A pesar del conjunto de diferencias reconocidas entre el Grupo I y el II no se encontró relación aparente con la distribución geográfica; tampoco los tricomas apoyaron en este análisis a la separación de grupos. Sin embargo, las correlaciones que se realizaron tomando en cuenta la longitud, mostraron que los ejemplares que se distribuyen hacia oeste-pacífico (a mayores longitudes) tienden a desarrollar tricomas en contraste con los que distribuyen hacia el golfo, probablemente porque en esta región occidental existe mayor aridez, junto con un alto porcentaje de insolación como lo citan algunos autores (Rzedowski, 1981; Zepeda, 2005); aspecto discutido en los párrafos anteriores.

CONCLUSIÓN

1. *F. cotinifolia* muestra variación morfo-anatómica amplia, principalmente en dos caracteres morfológicos; tamaño foliar y tricomas. El tamaño foliar muestra una correlación negativa con la latitud y concuerda con lo observado para otras especies de amplia distribución en México. Mientras que la presencia de tricomas parece regirse por la cantidad de humedad diferencial que existe hacia el pacífico y hacia el Golfo de México, encontrándose el mayor número de muestras con tricomas hacia la vertiente del pacífico.

2. Las descripciones minuciosas de los caracteres morfo-anatómicos de la lámina de *F. cotinifolia* aportan datos para su estudio taxonómico, se observó que las hojas son ligeramente más pequeñas en tamaño, en comparación con otras especies del subgénero *Urostigma*, reportándose por primera vez la distinción de una hipodermis con 1 a 2 estratos, la posición de litocistos en ambos lados de la lámina foliar y la variación en la forma, afirmando la presencia de tricomas glandulares constituidos por una cabeza de 2 a 4 células, mesófilo de tipo isolateral con la presencia de drusas, parénquima en empalizada adaxial 2 a 3 estratos y la vascularización de la vena media formando arcos opuestos fraccionados entre sí.
3. El análisis de similitud de caracteres morfológicos, conformó también dos grupos que se pudieron relacionar con la latitud, encontrándose que las hojas elípticas tienden a distribuirse hacia el norte y las más obovadas hacia el sur. Otros caracteres que resultaron acordes con dicha distribución, fueron los ángulos de ápice y base.
4. Para un mejor desarrollo de asociación de caracteres anatómicos a través del análisis de similitud, se sugiere incluir una mayor cantidad de especímenes, así como datos del peciolo.

REFERENCIAS

- Aguilar-Rodríguez S. 1998. Apéndice I. Técnicas de laboratorio para el estudio de las embriofitas. En: Tejero Díez J.D. y Granillo V.M.P. Eds. *Plantae. Introducción al Estudio de las Plantas con Embrión*, 247-272 p. Tlalnepantla, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
- Araújo D. N., Pecanha M. V., Contin V. M., y Fátima A. M. 2013. Leaf Anatomy and Histochemistry of Three Species of *Ficus* sect. *Americanae* Supported by Light and Electron Microscopy. *Microscopy and Microanalysis*, 20: 1-9 p.
- Azcón-Bieto J., y Talón M. (Ed.). 2013. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Madrid, España. 651 p.
- Azizian D. 2002. Morphology and distribution of trichomes in some genera (*Morus*, *Ficus*, *Broussonetia* and *Maclura*) of *Moraceae*. *Iran Journal Botanical*, 9(2): 195-202 p.
- Babu K., Gokul Shankar S., y Rai S. 2010. Comparative pharmacognostic studies on the barks of four *Ficus* species. *Turkish Journal of Botany*, 34(3): 215-224 p.
- Bercu R., y Popoviciu R. D. 2014. Anatomical study of *Ficus carica* L. leaf. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 19 (1): 33- 36 p.
- Bickford C. 2016. Ecophysiology of leaf trichomes. *Functional Plant Biology*, 43(9):807 814 p.
- Cabrera N.C., Gelsi A.G., Albornoz L. P., y Arias E. M. 2009. Anatomía foliar de *Ficus maroma* (*Moraceae*) y análisis de hojas expuestas a la polución atmosférica en la provincia de Tucumán (Argentina). *Lilloa*, 46 (1-2): 34-42 p.

- Carvajal S., Rivera E. R., y Palacios J. H. 2001. Nuevas combinaciones en especies, genero *Ficus* L. Subgen. *Urostigma* (Moraceae) de México. Boletín, IBUG, 8(1-2): 127-136 p.
- Carvajal S., y Shabes K.L. 2005. Estructura anatómica de los pecíolos de especies americanas del genero *Ficus* L. (Moraceae). Ibugana, 13(1): 48-66 p.
- Chantarasuwan B., Baas P., Heuven V.J.B., Baider C. y Welzen V.C.P. 2014. Leaf anatomy of *Ficus* subsection *Urostigma* (Moraceae). Botanical Journal of the Linnean Society, 175: 259-281 p.
- Chauhan S., Singh L. y Sharma K. A. 2013. Pharmacognostic study and establishment of quality Parameters of leaves, root and bark of *Ficus retusa*. Linn. Journal of Medicinal Plants Studies, 1(1): 38-46 p.
- Chukwuemeka S.N., Nwuke C.H., Akah A.P., Festus B.C.O. y Esimone O.C. 2012. Extracts of *Ficus exasperata* leaf inhibit topical and systemic inflammation in rodents and suppress LPS-induced expression of mediators of inflammation in macrophages. Journal of Immunotoxicology, 10(3): 1-9 p.
- Corel Corporation. 2007. CorelDRAW GRAPHICS SUITE (X3 No.13) [software]. Ottawa, Ontario Canadá. Obtenido de <https://www.coreldraw.com/la/pages/coreldraw-x3/>
- Di-Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2020. InfoStat (versión estudiantil 2020) [software]. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Centro de Transferencia InfoStat, FCA. Obtenido de <https://www.infostat.com.ar>
- Durán-Ramírez A. C., Fonseca-Juárez R. M., y Ibarra-Manríquez G. 2010. Estudio florístico de *Ficus* (Moraceae) en el estado de Guerrero, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 81: 239-262 p.

- Esau K. 1985. Anatomía Vegetal. Barcelona, España. Omega. 779 p.
- Faiyaz A. y Asna U. 2010. Traditional uses, medicinal properties, and phytopharmacology of *Ficus racemosa*: A review. *Pharmaceutical Biology*, 48(6): 672-681 p.
- Galindo S. A. L., Finegan B., Delgado-Rodríguez D., y Mesen S. F. 2020. Variación intraespecífica de rasgos funcionales de *Cedrela odorata* L. en la Península de Nicoya, Costa Rica. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11 (57): 57-86 p.
- García A.T.K. 2015. Caracterización química de los flavonoides presentes en *Ficus citrifolia* Mill. Tesis de Ingeniería en biotecnología de los recursos naturales. Universidad politécnica salesiana, sede Quinto. Ecuador. 68 p.
- González B. A. G. 2013. Respuesta de la densidad estomática a características foliares e individuales en tres especies de árboles en Gamboa, Panamá. *Pensamiento Actual*. Universidad de Costa Rica, 13 (20): 43-49 p.
- González-Castañeda N., Cornejo-Tenorio G., y Ibarra-Manríquez G. 2010. El género *Ficus* (Moraceae) en la provincia biogeográfica de la Depresión del Balsas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica México*, 87: 105-124 p.
- Google maps. (2020). [Mapa de la distribución de *Ficus cotinifolia* a lo largo de la república mexicana]. Obtenido el 7 de abril del 2020 en <https://www.google.com/maps>
- Hammer O., Harper D. A.T., y Ryan P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis (version 2.17c) [software]. *Palaeontologia Electronica*. Obtenido de http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu_analiize/PAST/2.17c/download.html

- Harrison D. R. 2005. Figs and the diversity of tropical rain forests. *BioScience*, 55(12):1053-1064 p.
- Hashemi S.A., Abediankenari S., Ghasemi M., Azadbakht M., Yosefzadeh Y., y Dehpour A.A. 2011. The Effect of Fig Tree Latex (*Ficus carica*) on Stomach Cancer Line. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 13(4):272-275 p.
- Hickey J. L. 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*, 60 (1): 17- 33 p.
- Ibarra-Manríquez G., Cornejo- Tenorio G., González-Castañeda N., Piedra-Malagón M. E., y Albino L. 2012. El género *Ficus L.* (Moraceae) en México. *Botanical Sciences*, 90 (4): 389-452 p.
- Ichie T., Inoue Y., Takahashi H., Kamiya K., y Kenzo T. 2016. Ecological distribution of leaf stomata and trichome among tree species in a Malaysian lowland tropical rain forest. *Journal of Plant Research*, 29(4):625-635 p.
- Ivanova A.L., y P'yankov I. 2002. Structural Adaptation of the Leaf Mesophyll to Shading. *Russian Journal of Plant Physiology*, 49(3): 419-431 p.
- Jáuregui-Zuñiga D., y Cárcamo M. A. 2003. Biomineralización del Oxalato del Calcio en Plantas: Retos y Potencial. *Revista de Educación Bioquímica*, 23(1): 18-23 p.
- Johansen D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill. Nueva York. 503 p.

- Karabourniotis G., Kotsabassidis D., y Manetas Y. 1994. Trichome density and its protective potencial against ultraviolet-B radiation damage during leaf development. *Canadian Journal of Botany*, 73: 376-383 p.
- Khan K.Y., Khan A.M., Ahmad M., Shan M.G., Zafar M., Niamat R., Munir M., Abbasi M.A., Fazal H., Mazari P., y Seema N. 2011. Foliar epidermal anatomy of some ethnobotanically important species of genus *Ficus* Linn. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(9): 1627-1638 p.
- Korth L.K., Doege J.S., Sang-Hyuck P., Goggin L.F., Wang Q., Gomez K. S., Liu G., Jia L., y Nakata A. P. 2006. *Medicago truncatula* Mutants Demonstrate the Role of Plant Calcium Oxalate Crystals as an Effective Defense against Chewing Insects. *American Society of Plant Biologists*, 141:188-195 p.
- Kumar M.I., Prakash S.I., y Khamar D. 2010. Phytochemistry and Pharmacological properties of *Ficus religiosa*: an overview. *Annals of Biological Research*, 1(4): 171-180 p. splitted
- Loutfy M.H.A., Karakish E. A. K., Khalifa S.F., y Mira E. R. A.2005. Numerical Taxonomic Evaluation of Leaf Architecture of Some Species of Genus *Ficus* L. *International Journal of Agriculture & Biology*, 7(3): 352-357 p.
- Mamoucha S., Fokialakis N., y Christodoulakis N. 2016. Leaf structure and histochemistry of *Ficus carica* (Moraceae), the fig tree. *ELSEVIER*, 218: 1-11 p.
- Molina M.Y. 2011. Estudios etnobotánico y etnofarmacológico de plantas medicinales de Tambopata, Madre de Diós, Perú. *Ciencia y Desarrollo*, 14: 1-17 p.

- Marques A P., Callado H. C., Franca B. C., Goncalves C.C. 2012. Variação intraespecífica do lenho de *Eugenia uniflora* L. em duas diferentes fitofisionomias do complexo vegetacional atlântico. *Floresta e Ambiente*, 19(4): 483-496 p.
- Morales M. A., y Saralegui B. H. 2012. Morfología de los pecíolos de especies cubanas leñosas de Moraceae. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 32-33: 47-45 p.
- Nakamura A.T., Simão E., Silva L., y Torres G. A. 2015. Origin of the subepidermal tissue in *Piper* L. leaves. *Brazilian Journal of Biology*, 75(2):368-371 p.
- National Institutes of Health. 2019. Image processing and Analysis in Java (1.52p) [software].
Obtenido de <http://imagej.nih.gov/ij/index.html>
- Nava F.R., Ramos Z.D., y Carranza G. E. 2001. Notas sobre plantas medicinales del estado de Querétaro, México. *Polibotánica*, (12): 1-40 p.
- Nikon Corporation. 2014. Imaging Software NIS-Elements BR (Ver 4.30.01) [software].
Obtenido de <https://www.microscope.healthcare.nikon.com/products/software/nis-elements>
- Nur Fatihah N.H., Nashriyah M., Nor Zaimah R. A., Khairii M., y Ali M. A. 2014. Leaf morphology and anatomy of 7 varieties of *Ficus deltoidea* (Moraceae). *Turkish Journal of Botany*, 38: 677- 685 p.
- Perés-Martínez J., Arizaleta M., Sanabria E. M., y Brito L. 2004. Características de los estomas, densidad e Índice estomático y su variación en función a la injertación en *Annona muricata* L. Y *A. montana* MADFAC. *Bioagro*, 16(3): 213-218 p.
- Peter A. J., y Shanower T. G. 1998. Plant glandular trichomes. *Resonance*, 3: 41-45 p.

- Philpott J. 1953. A Blade Tissue Study of Leaves of Forty-Seven Species of *Ficus*. Botanical Gazette, 115(1): 15-35 p.
- Piedra-Malagón E.M., Rodríguez R. R., y Ibarra-Manríquez G. 2006. El Género *Ficus* (Moraceae) en el estado de Morelos, México. Acta Botánica Mexicana, 75: 45-75 p.
- Piedra-Malagón E.M., Sosa V., y Ibarra-Manríquez G. 2011. Clinal variation and species boundaries in the *Ficus petiolaris* Complex (Moraceae). Systematic Botany, 36(1): 80-87 p.
- Pierantoni M., Tenne R., Raphael B., Brumfeld V., Casteren V. A., Kupczik K., Oron D., Addadi L., y Weiner S. 2018. Mineral Deposits in *Ficus* Leaves: Morphologies and Locations in Relation to Function. American Society of Plant Biologists, 176: 1751-1763 p.
- Ribeiro R. L. M., y Franca B. 2006. Variação intraspecífica do lenho de *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima (Leguminosae - Mimosoideae) de populações ocorrentes em dois remanescentes de Floresta Atlântica. Acta bot. Bras, 20(4): 839-844 p.
- Rodríguez-Tapia L.J. 2012. La higuera (*Ficus carica* L.), su cultivo y usos. Citrifrut, 29 (2): 57-58 p.
- Ruzin S.E. 1999. Plant Microtechnique and Microscopy. Oxford University Press, Nueva York.
- Rzedowski J. 1981. Vegetación de México. LIMUSA. 1 ed. D.F., México. 432 p.
- Schreuder D.J.M., Brewer A.C., y Heine C. 2001. Modelled influences of Non-exchanging trichomes on leaf boundary layers and gas exchange. Journal of Theoretical Biology, 210: 23-32 p.

- Serrato A., Ibarra-Manríquez G., y Oyama K. 2004. Biogeography and conservation of the genus *Ficus* (Moraceae) in Mexico. *Journal of Biogeography*, 31: 475-485 p.
- Singh Y., Kumar S., Kumawat K.B., Upadhayay A., y Verma K.H. 2012. Pharmacognostic Investigation on stem bark of *Ficus hispida*, Linn. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 1(1): 336-346 p.
- Sonibare A.M., Jayeola A.A., y Egunyomi A. 2006. Comparative Leaf Anatomy of *Ficus* Linn. Species (Moraceae) from Nigeria. *Journal of Applied Sciences*, 6(15): 3016-3025 p.
- Souza L. M., Duarte A. A., Lovato B. M., Fagundes M., Valladares F., y Lemos-Filho P. J. 2018. Climatic factors shaping intraspecific leaf trait variation of a neotropical tree along a rainfall gradient. *Plos ONE*, 13(12): 1-20 p.
- Starzecki W. 1962. The roles of the palisade and spongy parenchymas of leaves in photosynthesis. *Acta societates Botanicorum Poloniae*, 31(3): 419-436 p.
- Suárez O.M., y Mereles H. F. M. 2006. Los árboles medicinales utilizados en la comunidad de Paso Jovái, departamento de Guairá, Paraguay. *Rojasiana*, 7(2): 91-115 p.
- Ukwubile A.C. 2013. Comparative Pharmacognostic Study of *Ficus abutilifolia* Miq. (Moraceae) Plant Leaf, Stem bark, and Root. *International Journal of advances in pharmacy, Biology and chemistry*, 2(1): 90-98 p.
- Ummu-Hani B., y Noraini T. 2013. The Structure of Cystoliths in Selected Taxa of the Genus *Ficus* L. (Moraceae) in Peninsular Malaysia. *AIP Conference Proceedings*, 1571(1): 372-376 p.
- Uribe-Salas D., Sáenz- Romero C., González-Rodríguez A., Téllez-Valdéz O., y Oyama K. 2008. Foliar morphological variation in the white oak *Quercus rugosa* Née (Fagaceae) along a

- latitudinal gradient in Mexico: Potential implications for management and conservation. *Forest Ecology and Management*, 256: 2121–2126 p.
- Van Greuning J. V., Robbertse P. J y Gloggerlaar N. 1984. The taxonomic value of leaf anatomy in the genus *Ficus*. *S.-Afr. Tydskr. Plantk*, 3(5): 297-305 p.
- Vázquez A.M.D. 1981. *Taxonomía y ecología de las moráceas argentinas*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Unidad de Buenos Aires. 188 p.
- Xu F., Guo W., Xu W., Wei Y., y Wang R. 2009. Leaf morphology correlates with water and light availability: What consequences for simple and compound leaves? *Progress in Natural Science*, 19: 1789-1798 p.
- Yeats H. T., y Rose K. C. J. 2013. The Formation and Function of Plant Cuticles. *Plant Physiology*, 163: 5-20 p.
- Zepeda V., R. 2005. *Las regiones climáticas de México*. 1 ed. Instituto de Geografía-UNAM. D.F., México. 213 p.

APÉNDICES

APÉNDICE I

Lista de caracteres foliares morfológicos y anatómicos usados en los análisis fenéticos de *F. cotinifolia*

Caracteres morfológicos cualitativos		
Caracter	Presente	Ausente
1. Tipo de Ápice		
1. Agudo	1	0
2. Obtuso	1	0
3. redondeado	1	0
4. mucronado	1	0
5. Retuso	1	0
2. Tipo de Base		
1. Águdo	1	0
2. Obtuso	1	0
3. redondeado	1	0
4. cordado	1	0
3. Forma de la lámina		
1. Oblonga	1	0
2. Oblonga lorada	1	0
3. Oblonga amplia	1	0
4. Elíptica	1	0
5. Elíptica muy estrecha	1	0
6. Elíptica estrecha	1	0
7. Elíptica amplia	1	0
8. Suborbiculada	1	0
9. Orbicular	1	0
10. Ovada	1	0
11. Obovada estrecha	1	0
12. Obovada oblanceolada	1	0
13. Obovada estrecha oblanceolada	1	0

Caracteres anatómicos cualitativos		
Carácter	Presente	Ausente
1. Tricomas abaxial	1	0
1. Tricomas adaxial	1	0
2. Células cuadrangulares adaxial	1	0
2. Células rectangulares adaxial	1	0
2. Células circulares adaxial	1	0
3. Células cuadrangulares abaxial	1	0
3. Células rectangulares abaxial	1	0

3. Células circulares abaxial	1	0
4. Litocisto ovalados	1	0
4. Litocisto en campana	1	0
4. Litocisto en pirámide	1	0
4. Litocisto en domo	1	0
5. Litocistos abaxiales	1	0
5. Litocistos adaxiales	1	0
6. Células cuadrangulares	1	0
6. Células rectangulares	1	0
6. Células circulares	1	0

Caracteres morfológicos cuantitativos

Carácter	Categoría		
1. Angulo de la base	Agudo ($\leq 86^\circ$)	Medio (87° - 99°)	Obtuso ($\geq 100^\circ$)
2. Angulo del ápice	Agudo ($\leq 89^\circ$)	Medio (90° - 99°)	Obtuso ($\geq 100^\circ$)
3. Largo de lámina (cm)	Corta (≤ 6.8)	Medio (6.9-9.2)	Extensa (≥ 9.3)
4. Ancho de lámina (cm)	Delgada (≤ 4.6)	Medio (4.7-5.5)	Amplia (≥ 5.6)

Caracteres morfo-anatómicos cuantitativos

cel.ep.ada= célula epidérmica adaxial; \cap = presencia de parénquima en empalizada abaxial U= ausencia de parénquima en empalizada abaxial

Carácter	Categoría		
1. Grosor de lámina (μm)	Delgada (≤ 195)	Medio (196-247)	Grueso (≥ 248)
2. % parénquima empalizada	Menor (≤ 37)	Medio (38-49)	Mayor (≥ 50)
3. % parénquima esponjoso	Menor (≤ 50)	Medio (51-60)	Mayor (≥ 61)
4. Ancho de cel.ep.ada (μm)	Delgada (≤ 7.7)	Medio (7.8-10.7)	Amplia (≥ 10.8)
5. Largo de cel.epi.ada (μm)	Corta (≤ 16.2)	Medio (16.3-18.4)	Extensa (≥ 18.5)
6. Numero de tricomas/ mm^2	Ausente (0)	Medio (1-74)	Abundante (≥ 75)
7. Numero de estomas/ mm^2	Escaso (≤ 715)	Medio (716-939)	Abundante (≥ 940)
8. Ancho de estoma (μm)	Delgado (≤ 18.6)	Medio (18.7-20)	Extenso (≥ 21)
9. Largo de estoma (μm)	Corto (≤ 22)	Medio (23-24)	Extenso (≥ 25)
10. Angulo de la base	Agudo ($\leq 84^\circ$)	Medio (85° - 96°)	Obtuso ($\geq 97^\circ$)
11. Angulo del ápice	Agudo ($\leq 79^\circ$)	Medio (80° - 93°)	Obtuso ($\geq 94^\circ$)
12. Largo de lámina (cm)	Corta (≤ 7.5)	Medio (7.6-9.2)	Extensa (≥ 9.3)
13. Ancho de lámina (cm)	Delgada (≤ 4.7)	Medio (4.8-5.9)	Amplia (≥ 6)
14. 1) donde aquellos individuos tienen de 1 a 2 estratos de hipodermis	1	0	
14. 2) donde aquellos individuos tienen de 3 a 4 estratos de hipodermis	1	0	
15. 1 Estrato de parénquima empalizada adaxial	1	0	

15. 2 Estrato de parénquima empalizada adaxial	1	0
15. 3 Estrato de parénquima empalizada adaxial	1	0
15. 4. Estrato de parénquima empalizada adaxial	1	0
16. 1. Estrato de parénquima empalizada abaxial discontinuo	1	0
16. 2. Estrato de parénquima empalizada abaxial discontinuo	1	0
17. 1) donde se forman de (1 a 3 \cap) estratos celulares del parénquima esponjoso en las zonas hacia la superficie abaxial donde hay parénquima en empalizada	1	0
17. 2) donde se forman de (4 a 5 \cap) estratos celulares del parénquima esponjoso en las zonas hacia la superficie abaxial donde hay parénquima en empalizada	1	0
17. 1) donde se forman de (1 a 4 U) estratos celulares del parénquima esponjoso en las zonas hacia la superficie abaxial (donde no hay parénquima en empalizada)	1	0
17. 2) donde se forman de (5 a 8 U) estratos celulares del parénquima esponjoso en las zonas hacia la superficie abaxial (donde no hay parénquima en empalizada)	1	0

APÉNDICE II

Matrices de similitud producidas con el coeficiente de asociación de Ochiai **A)** Para 7 caracteres morfológicos foliares de 38 individuos de *F. cotinifolia*; **B)** Para 26 caracteres morfo-anatómicos foliares de 12 individuos de *F. cotinifolia*

Correlación cofenética = 0.773

Ochiai (sqrt(1-S))

	Chih.	Chis.	E M. I	E M. II	E M. IV	E M. III	Gro. I	Gro. II	Gro. III	Gro. IV	Gro. V	Hgo.	Jal. I	Jal. II	Jal. III	Mich. I	Mich. II
Chih.	0.00																
Chis.	0.88	0.00															
E M. I	1.00	0.74	0.00														
E M. II	1.00	0.71	0.74	0.00													
E M. IV	0.80	0.62	0.80	0.77	0.00												
E M. III	1.00	0.84	0.86	0.65	0.87	0.00											
Gro. I	0.45	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00										
Gro. II	0.80	0.89	0.67	0.77	0.82	0.73	0.80	0.00									
Gro. III	1.00	0.57	0.45	0.57	0.67	0.70	1.00	0.67	0.00								
Gro. IV	1.00	0.74	0.63	0.57	0.52	0.70	1.00	0.67	0.45	0.00							
Gro. V	0.86	1.00	0.86	0.84	1.00	0.58	0.86	0.54	0.86	0.86	0.00						
Hgo.	0.74	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.57	0.77	1.00	1.00	0.84	0.00					
Jal. I	0.45	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.80	1.00	1.00	0.86	0.57	0.00				
Jal. II	0.63	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.45	0.80	1.00	1.00	0.86	0.32	0.45	0.00			
Jal. III	0.81	0.90	0.81	0.90	0.73	1.00	0.81	0.73	0.81	0.81	1.00	0.90	0.81	0.81	0.00		
Mich. I	0.45	0.88	1.00	1.00	0.67	1.00	0.63	0.80	1.00	0.89	0.86	0.74	0.63	0.63	0.81	0.00	
Mich. II	1.00	0.87	0.74	0.71	0.89	0.65	1.00	0.62	0.74	0.74	0.65	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00
Mor. I	0.45	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.80	1.00	1.00	0.86	0.57	0.00	0.45	0.81	0.63	1.00
Mor. II	0.30	0.89	0.90	1.00	0.71	1.00	0.52	0.71	0.90	0.90	0.87	0.77	0.52	0.67	0.73	0.52	1.00
Nay.	1.00	0.71	0.74	0.50	0.77	0.65	1.00	0.77	0.57	0.57	0.84	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.71
Oax. I	0.45	0.88	1.00	1.00	0.67	1.00	0.63	0.80	1.00	0.89	0.86	0.74	0.63	0.63	0.81	0.00	1.00
Oax. II	0.80	1.00	0.90	1.00	0.82	1.00	0.80	0.82	0.90	0.90	1.00	0.89	0.80	0.80	0.62	0.80	0.89
Oax. III	0.57	0.79	0.81	0.90	0.48	1.00	0.70	0.62	0.81	0.70	0.88	0.79	0.70	0.70	0.65	0.39	0.90
Oax. IV	1.00	0.57	0.45	0.57	0.67	0.70	1.00	0.67	0.00	0.45	0.86	1.00	1.00	1.00	0.81	1.00	0.74
Pue. I	0.80	0.89	0.67	0.77	0.71	0.87	0.80	0.41	0.67	0.52	0.73	0.77	0.80	0.80	0.73	0.67	0.77
Pue. II	0.57	0.79	0.81	0.90	0.48	1.00	0.70	0.62	0.81	0.70	0.88	0.79	0.70	0.70	0.65	0.39	0.90
Qro.	0.77	0.88	0.77	0.74	0.90	0.86	0.77	0.52	0.77	0.77	0.70	0.74	0.77	0.77	0.81	0.77	0.74
Sin.	0.77	1.00	1.00	1.00	0.90	0.86	0.77	0.80	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.77	0.57	0.77	0.88
Son.	0.63	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.63	0.80	1.00	1.00	0.86	0.74	0.63	0.63	0.70	0.63	1.00
Tams. I	0.52	0.89	0.90	1.00	0.71	1.00	0.67	0.71	0.90	0.90	0.87	0.77	0.67	0.67	0.73	0.52	1.00
Tams. II	0.63	1.00	0.89	1.00	0.80	1.00	0.45	0.80	0.89	0.89	0.86	0.74	0.45	0.63	0.81	0.77	1.00
Tams. III	0.86	1.00	0.86	0.84	0.87	0.82	0.86	0.73	0.86	0.70	0.58	0.84	0.86	0.86	1.00	0.70	0.84
Ver. I	0.80	0.62	0.80	0.77	0.00	0.87	0.90	0.82	0.67	0.52	1.00	1.00	0.90	0.90	0.73	0.67	0.89
Ver. II	0.80	0.89	0.80	1.00	0.82	1.00	0.67	0.82	0.80	0.90	1.00	0.77	0.67	0.67	0.73	0.80	0.89
Ver. III	0.80	0.77	0.80	0.89	0.71	0.87	0.90	0.58	0.80	0.80	0.87	0.89	0.90	0.90	0.73	0.80	0.62
Ver. IV	0.70	0.90	0.81	0.90	0.62	1.00	0.57	0.62	0.81	0.70	0.88	0.66	0.57	0.57	0.65	0.57	0.90
Ver. V	0.52	0.89	0.90	1.00	0.71	1.00	0.67	0.82	0.90	0.90	1.00	0.89	0.67	0.80	0.73	0.67	0.89
Zac.	0.90	0.62	0.67	0.77	0.58	0.87	0.80	0.82	0.52	0.67	1.00	0.89	0.80	0.80	0.73	0.90	0.89

A

Correlación cofenética = 0.958

Ochiai (sqrt(1-S))

	Tams. I	Sin.	Jal. I	E M. I	E M. II	E M. III	E M. IV	Ver. I	Ver. II	Gro. I	Oax. I	Chis
Tams. I	0.00											
Sin.	0.38	0.00										
Jal. I	0.20	0.41	0.00									
E M. I	0.71	0.81	0.74	0.00								
E M. II	0.53	0.55	0.54	0.78	0.00							
E M. III	0.55	0.65	0.56	0.76	0.49	0.00						
E M. IV	0.96	0.86	0.98	0.72	0.92	0.87	0.00					
Ver. I	0.85	0.85	0.87	0.77	0.90	0.90	0.75	0.00				
Ver. II	0.98	0.89	0.97	0.80	0.91	0.91	0.60	0.77	0.00			
Gro. I	0.67	0.72	0.71	0.71	0.79	0.69	0.78	0.85	0.82	0.00		
Oax. I	0.21	0.36	0.25	0.68	0.52	0.50	0.89	0.85	0.98	0.63	0.00	
Chis.	0.58	0.52	0.60	0.75	0.55	0.48	0.76	0.80	0.78	0.62	0.54	0.00

B