



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Estudio morfoanatómico de *Plagiogyria pectinata*  
(Liebm.) Lellinger, Plagiogyriaceae

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

ANGÉLICA HERNÁNDEZ IBÁÑEZ



DIRECTOR DE TESIS:  
DRA. SUSANA VALENCIA ÁVALOS

2016

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## Hoja de Datos del Jurado

### 1.-Datos del alumno

Hernández

Ibáñez

Angélica

58484976

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

080501084

### 2.-Datos del tutor

Dra.

Susana

Valencia

Ávalos

### 3.-Datos sinodal 1

Dra.

Aurora

Zlotnik

Espinosa

### 4.-Datos sinodal 2

Dr.

Jaime

Jiménez

Ramírez

### 4.-Datos sinodal 3

M. en B.

María

Eugenia

Múñiz

Díaz de León

### 5.-Datos sinodal 4

Biol.

Jesús

Ricardo

de Santiago

Gómez

## ***AGRADECIMIENTOS***

Le doy gracias a Dios y a mis padres Jesús y Narcisa por darme la oportunidad de haber estudiado una profesión y por sus consejos tan acertados su dedicación y el gran amor por todos sus hijos por su gran esfuerzo por darnos una carrera los quiero mucho a pesar de no ser muy expresiva en mis sentimientos hacia ellos, pero se los demostré con hechos cuanto los quiero.

A mi padre le hice una promesa en su lecho de muerte y la he cumplido aunque tuviera que enfrentar momentos hostiles y comentarios mal intencionados tuve la fuerza suficiente para vencer los obstáculos por el gran amor a mi padre y a mi profesión, al ¡fin lo logre!.

A mis hermanas Rosalba, Concepción, Imelda y Guadalupe por haberme brindado su apoyo incondicional porque de una u otra forma ellas estuvieron siempre conmigo animándome a seguir adelante , a mi hermano Jesús que aunque tengamos diferente opinión sobre la vida y a pesar de sus regaños los quiero mucho.

Les agradezco a mis hijos por darme la oportunidad de demostrarles que cuando se quiere hacer algo se puede sólo se tiene que fijar una meta, por haber comprendido mis ideales de terminar la profesión que siempre me gustará, los amo.

Estaré eternamente agradecida con Dios por haber puesto en mi camino a una excelente persona y profesional humilde y sencilla que me aceptó y creyó en mí, por su paciencia, tolerancia dedicación, comprensión y sabios consejos, tuve el gran privilegio de haber sido su alumna, por darme la oportunidad en momentos de ser parte de su equipo de trabajo ,valoraré toda mi vida el gran esfuerzo que hizo por mí, gracias por ser como es Dra. Susana Valencia Avalos sin usted no hubiera podido terminar la tesis.

A la maestra María Eugenia Muñiz Díaz de León por su gran apoyo en el taller de plantas para la elaboración de las preparaciones, que fueron la base de la comparación que se hizo en este trabajo, por recibirme con gusto en el área de trabajo, por permitirme formar parte del grupo de personas selectas que conviven con usted y compartir momentos felices e inolvidables, gracias por ser tan carismática y contagiarme esa alegría de vivir y apoyarme moralmente en todo momento.

Gracias al Dr. Jaime Jiménez Ramírez por darme la oportunidad de hacer la tesis en el herbario, por aceptar ser mi sinodal y por sus comentarios y recomendaciones para mejorar el escrito.

La Dra. Aurora Zlotnik Espinosa fue y es importante para mí porque contribuyó en mi aprendizaje sobre aspectos de anatomía vegetal le doy las gracias por haberme aceptado como su alumna y por aceptar ser mi sinodal en mi examen profesional y por todos sus consejos y sugerencias que permitieron analizar y mejorar este trabajo, gracias por infundirme la confianza y seguridad de sus conocimientos y por ser tan noble y agradable.

Al Biól. Jesús Ricardo de Santiago Gómez por haber aceptado ser mi sinodal en mi examen y los comentarios al respecto que permitieron mejorar el escrito.

También mi agradecimiento sincero al profesor Ramiro Cruz Duran por sus consejos y orientación sobre temas y conceptos de taxonomía y botánica.

A la Dra. Silvia Espinosa del Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido por el apoyo en la toma de muestras de esporas y estomas al MEB. Ana Isabel Bieler por la toma de fotografías. A Joselín Cadena Rodríguez por la elaboración del mapa de la zona de estudio. A Julio Cesar Pérez Jiménez por su apoyo en la toma de fotografías, por su gran paciencia, tolerancia y por ser un chico muy noble.

Un agradecimiento muy especial a una gran madre y señora María Antonieta Fernández viuda de Osuna por sus palabras de consuelo y aliento por sus sabios consejos y por compartir parte de su vida conmigo y a su hija la Dra. Reina Osuna Fernández por el apoyo que en su momento me brindó.

A mis compañeros de servicio social y tesis a los profesores Ana Belén Adame González y a Felipe de Jesús Eslava Silva gracias por apoyarme cuando yo me acerque a ustedes igual a los Biólogos Ariadna Ibarra Morales, Saddam Morales Saldaña, Cesar Adrián González Martínez y Oscar Ángel de Luna Bonilla.

A mis amigas Olga y Malena por brindarme su apoyo y amistad.

“La naturaleza es obstinada, tiene muchos recursos  
y es sorprendentemente sabia. Las especies, para no extinguirse,  
mutan, se hibridan, se adaptan a nuestras agresiones, hibernan, estivan,  
las mejores y las más fuertes sobreviven. No todo está perdido”  
“Sangrado en verde”, Juan Bibiloni

“La maldad no existe en la naturaleza  
sólo en el corazón del hombre”  
“Sangrado en verde”, Juan Bibiloni

## INDICE

Resumen.....	1
Introducción .....	3
Clasificación del género <i>Plagiogyria</i> .....	5
Descripción del género <i>Plagiogyria</i> .....	8
Características generales de los helechos .....	9
Objetivos .....	11
Antecedentes.....	12
Descripción del área de estudio .....	15
Material y método.....	16
Resultados.....	18
I. <i>Plagiogyria pectinata</i> del estado de Hidalgo .....	18
1. Hábitat .....	18
2. Descripción morfológica .....	19
3. Descripción anatómica .....	19
a. Raíz .....	19
b. Rizoma .....	20
c. Pecíolo .....	21
d. Raquis .....	21
e. Hoja vegetativa .....	22
f. Hoja fértil .....	25
II. <i>Plagiogyria pectinata</i> del estado de Michoacán .....	25
1. Hábitat .....	25
2. Descripción morfológica .....	25
3. Descripción anatómica .....	26
a. Raíz .....	26
b. Rizoma .....	26

c. Pecíolo .....	27
d. Raquis .....	28
e. Hoja vegetativa .....	29
f. Hoja fértil.....	29
Discusión .....	30
Conclusiones.....	37
Literatura citada.....	38

## Resumen

*Plagiogyria* pertenece a los helechos leptosporangiados, se ubica en el clado monilofita, junto con los equisetos, psilotum y los helechos eusporangiados. Se desarrolla principalmente en los trópicos, su mayor diversidad se presenta en Asia. En México de Acuerdo con Mickel y Smith existe una sola especie: *Plagiogyria pectinata* con una gran variación morfológica, por lo que algunos autores consideran que puede haber más de una especie.

El objetivo de este estudio es conocer la morfología y anatomía de dos poblaciones de *Plagiogyria* del centro de México, una en el municipio de Zacualtipán, Hidalgo y la otra en el municipio de Ciudad Hidalgo, Michoacán, esto con la finalidad de analizar y evaluar su variación morfológica y anatómica en un contexto taxonómico, ya que algunos autores han propuesto que en México hay más de una especie de este género. Para ello se colectaron varios individuos de *Plagiogyria pectinata* en cada localidad, posteriormente las muestras del rizoma, raíz y la hoja de cada uno de ellos se fijaron en FAA, en el laboratorio se procesaron mediante la técnica histológica convencional para la obtención de laminillas fijas de las estructuras señaladas a diferente nivel y hacer las observaciones correspondientes. También se hicieron algunos cortes en fresco, se obtuvieron elementos celulares a través de disociados, se observó el patrón de venación en hojas aclaradas y se observaron esporas a través del MEB, así como los estomas en impresiones. También se comparó la morfología macroscópica de los esporofitos de ambas localidades.

Los resultados muestran diferencias en las dimensiones de las pinnas de la hoja vegetativa, en la forma y en la cantidad de ellas sobre el raquis, resalta la presencia de abundantes tricomas glandulares capitados en la etapa juvenil y madura en el material colectado en Michoacán, mientras que en el material de Hidalgo sólo se observaron en la fase juvenil. Respecto a las frondas fértiles, el material de Hidalgo tiene mayor tamaño que el de Michoacán.

Anatómicamente la raíz es haplostélica en todo el material, pero en el proveniente de Hidalgo la raíz es ovalada y en el de Michoacán es cilíndrica. También difieren en el número de estratos celulares que forman cada elemento de la haplostela. El rizoma de las muestras de Hidalgo presenta mayores dimensiones que el de Michoacán. Además que muestra diferencias en el tamaño de la dictiostela y de las meristelas entre ambas poblaciones. Los elementos que conforman el xilema en las muestras de Hidalgo son las

traqueidas escalariformes, reticulares y posibles elementos de vaso, además se observaron drusas entre las células de parénquima. Por su parte, el xilema del rizoma de Michoacán solo tiene traqueidas escalariformes.

Los pecíolos de la población de Hidalgo varían de triangulares hacia la base, a rómbicos en el ápice, con tres haces vasculares hasta antes de ingresar a la lámina donde se fusionan en uno solo. En los de Michoacán el contorno va de triangular en la base a pentagonal en el ápice, y con un solo haz en la base, tres haces vasculares en la parte media que se fusionan en uno sólo antes de entrar a la lámina.

Las frondas son unifaciales con mesófilo formado por parénquima fotosintético laxo, estomas anomocíticos abundantes en el envés en ejemplares de Hidalgo y menos en los de Michoacán. Las venas medias están rodeadas por parénquima que forma lóbulos en torno a éstas, en Hidalgo estos lóbulos son mayores que los de Michoacán. La hoja fértil de Hidalgo presenta mayor cantidad de soros que la de Michoacán. Las esporas en ambos casos son triletes.

## Estudio morfoanatómico de *Plagiogyria pectinata*(Liebm.) Lellinger, Plagiogyriaceae

### Introducción

México presenta una gran riqueza de helechos y licopodios, cuya principal diversidad se presenta en el bosque mesófilo de montaña (Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012), aunque también están presentes en otras comunidades vegetales. Varios trabajos se han enfocado a conocer esta vasta riqueza florística de pteridofitas s.l. en el país, ya sea con trabajos parciales que se enfocan a alguna zona particular (Smith, 1981; Mickel, 1992; Morán y Riba, 1995; Lorea y Velázquez, 1998; Williams-Linera *et al.*, 2005; Sánchez-González, *et al.*, 2010; Álvarez-Zúñiga, *et al.*, 2012; Mendoza-Ruíz y Pérez-García, 2009) u obras más inclusivas como la máxima obra para este grupo en México, en la que Mickel y Smith (2004) citan la presencia de 1008 especies de pteridofitas para México y en la que señalan problemas taxonómicos fundamentales que hacen difícil precisar la riqueza específica de este grupo, tal es el caso de la especie *Plagiogyria pectinata* (Liebm.) Lellinger.

Según Kramer (en Kubitzki 1990) *Plagiogyria* (único género de la familia Plagiogyriaceae) cuenta con 40 a 50 especies en todo el mundo, aunque algunos autores más conservadores (Mickel y Smith, 2004) consideran que sólo existen entre 15 y 20 especies y aún otros afirman que sólo existen 11 especies a nivel mundial (Zhang y Nootboom, 1998). El género se desarrolla principalmente en los trópicos y en las zonas cálido templadas donde se encuentran las tres cuartas partes de las especies. Su mayor diversidad se presenta en el sureste de Asia, particularmente en Japón, China, Korea, Filipinas, Nueva Guinea, Malasia hasta los Himalaya. En América está en la zona neotropical, incluyendo Las Antillas (Moran, 2014) (Figura 1).

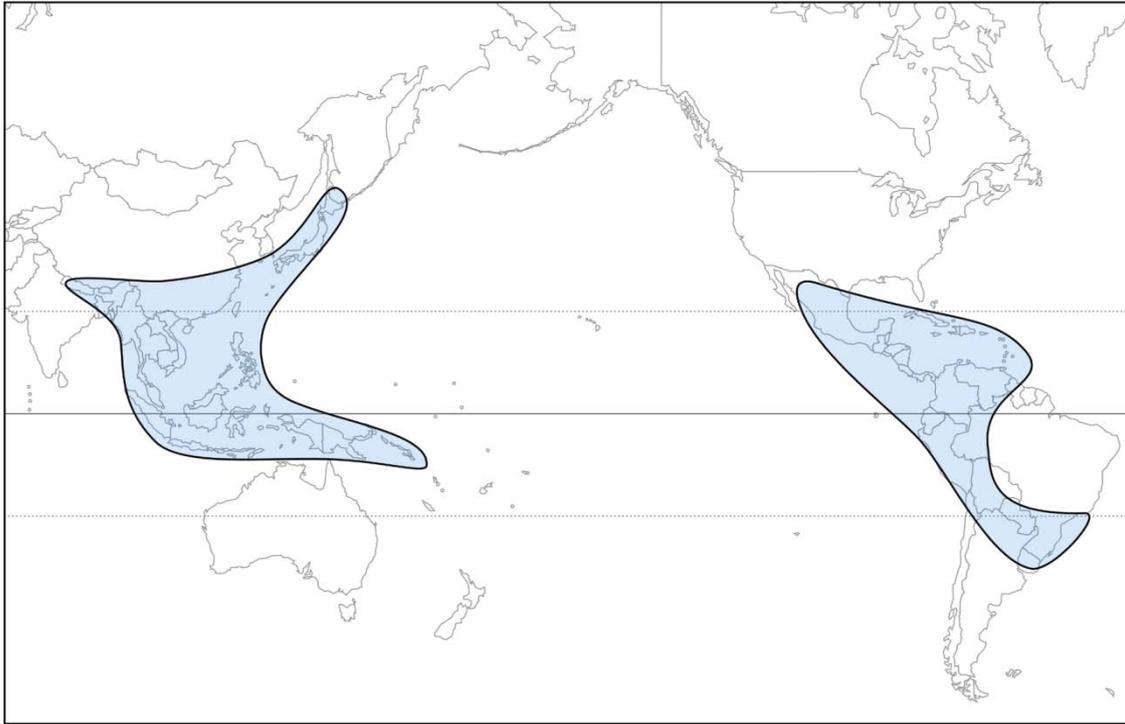


Figura 1. Distribución de la familia Plagiogyriaceae. (Tomado de Moran, 2014).

De acuerdo con Mickel y Smith (2004), el género *Plagiogyria* está representado en México por una especie, *Plagiogyria pectinata* (Liebm.) Lellinger, aunque refieren que su gran variación morfológica conduce a que algunos autores consideren que puede haber más de un taxon incluido en *P. pectinata* (Lellinger, 1971; Smith, 1981 y Mickel y Smith, 2004).

Riba *et al.* (2002) citan la distribución de este taxon entre los 1750 y los 3200 msnm, en suelos pobres del bosque mesófilo de montaña y del bosque de coníferas. Mickel y Smith (2004) mencionan que se distribuye en los estados de Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sonora y Veracruz.

La amplia variación morfológica de esta especie no ha sido estudiada de forma sistemática ni comparativa, y considerando que los estudios anatómicos detallados pueden proporcionar datos para solucionar problemas sistemáticos y de evolución en helechos (White, 1974; Pacheco *et al.*, 2002; Hernández, *et al.* 2006; Hernández-Hernández *et al.*, 2007; Hernández y Terrazas, 2009; Tejero-Diez *et al.* 2010; Moreno y Barbosa, 2011), entonces un estudio anatómico y morfológico en este género en México, contribuiría al conocimiento de la especie y al posible esclarecimiento del problema de tratarse de una o

más especies en México; por lo anterior, en este trabajo se pretende comparar la morfología y anatomía del esporofito de dos poblaciones de *Plagiogyria* del Eje Neovolcánico, una en el estado de Hidalgo y otra en el estado de Michoacán.

### **Clasificación del género *Plagiogyria***

A partir de Linnaeus en 1753, la atención taxonómica que se ha dado a las pteridofitas *s.l.* ha ido en aumento; de acuerdo con Wolf (1998) una de las primeras clasificaciones que reconoce dos grupos dentro de las pteridofitas *s.l.* es la propuesta de Jeffrey en 1902 quien estableció los nombres de Lycopsidea y Pteropsida. En Lycopsidea incluyó a Psilotaceae, licopodios y equisetos caracterizadas por tener micrófilas y trazas foliares y en Pteropsida incluyó a los helechos y a las plantas con semilla con megáfilas y lagunas foliares, sin embargo no se reconoció dicha clasificación. Durante más de tres cuartos de siglo después, era costumbre referir a todas las criptógamas vasculares a una sola división (Pteridophyta) con cuatro grupos: Polypodiophyta (helechos), Psilotophyta, Lycopodiophyta (licopodios) y Equisetophyta (Equisetos) (Wolf, 1998, Muñíz-Díaz de León y Eslava, 2014).

Las propuestas de clasificación posteriores se basaron, no sólo en características morfológicas, sino también en aspectos citológicos, del soro, del indusio, de la estructura de la espora y del rizoma, de la anatomía de la raíz y del tejido vascular del peciolo, principalmente.

Cronquist (1984) y Bold *et al.* (1987) siguieron la propuesta de cuatro divisiones para las pteridofitas *s.l.*: Microfilofita, Artropfita, Pteridofita y Psilotofita y no fue hasta que Hasebe *et al.* (1993) estudiaron los genes *rbcL* y propusieron con mayor soporte la monofilia de los helechos, lo cual más tarde fue apoyado por los estudios de diversos autores, utilizando un mayor número de genes (Pryer *et al.*, 1995, 2001, 2004; Wolf 1997, 1999; Smith *et al.*, 2006). Dichos estudios coincidieron en la inclusión de cuatro grandes clados que se han reconocido como clases: Polypodiopsida (en donde están los helechos leptosporangiados): Marattiopsida, Equisetopsida y Psilotopsida (Smith *et al.*, 2006).

Este tipo de estudios han proporcionado mucha información no solo de taxa actuales, sino también sobre fósiles y la evolución de caracteres, de patrones de especiación, de biogeografía y adaptación de los helechos (Wolf, 1998). La combinación de características morfológicas y moleculares, reflejan una mejor comprensión de las

relaciones filogenéticas de estos grupos, pero es necesario continuar con los estudios de estas interesantes plantas (Valencia-A., 2014).

*Plagiogyria* se ha relacionado con *Blechnum* por su morfología similar y porque ambos tienen hojas dimórficas, pero puede distinguirse porque *Plagiogyria* no tiene indumento en su rizoma y tiene anillo oblicuo completo en sus esporangios (Lellinger, 1971) y tiene 48 esporas triletes por esporangio. *Blechnum* presenta rizoma escamoso, sus esporangios tienen anillo longitudinal interrumpido por el pedicelo y las esporas son monoletes. Todas las especies de *Plagiogyria* son de hábitat terrestre. El género *Plagiogyria* (del griego *plagios*: sesgado, torcido u oblicuo, y del latín *gyra*: regresar en círculos) está ubicado en la clase Polypodiopsida, el orden Cyatheales y la familia Plagiogyriaceae que a su vez pertenece al clado de las monilofitas (Smith *et al.*, 2006) (Figura 2); aunque de acuerdo con Moran (2014) un mejor nombre para este grupo es el de Polypodiophyta.

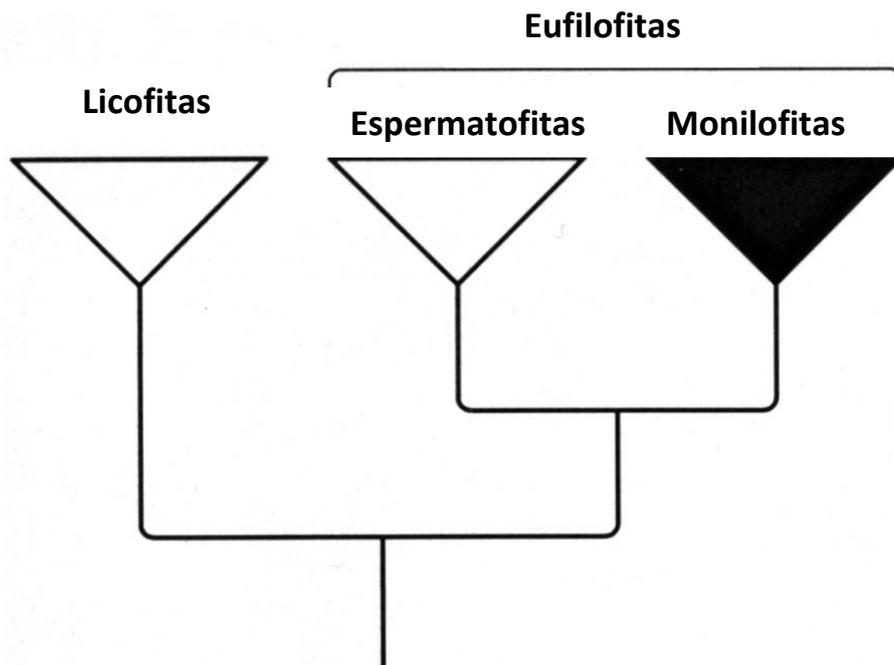


Figura 2. Los tres grandes clados de traqueofitas, en donde se ubican las monilofitas (tomado de Smith, 2006).

Anteriormente Plagiogyriaceae se relacionó con las familias Osmundaceae y Schizaeaceae, indicando una posición primitiva en los helechos leptosporangiados (Bower

y van Cotthem, 1970 y Ching, 1958). Actualmente y con base en análisis moleculares, la familia se relaciona con Cyatheaceae y Diksoniaceae (Pryer *et al.*, 1995; Wolf, 1999) (Figura 3);

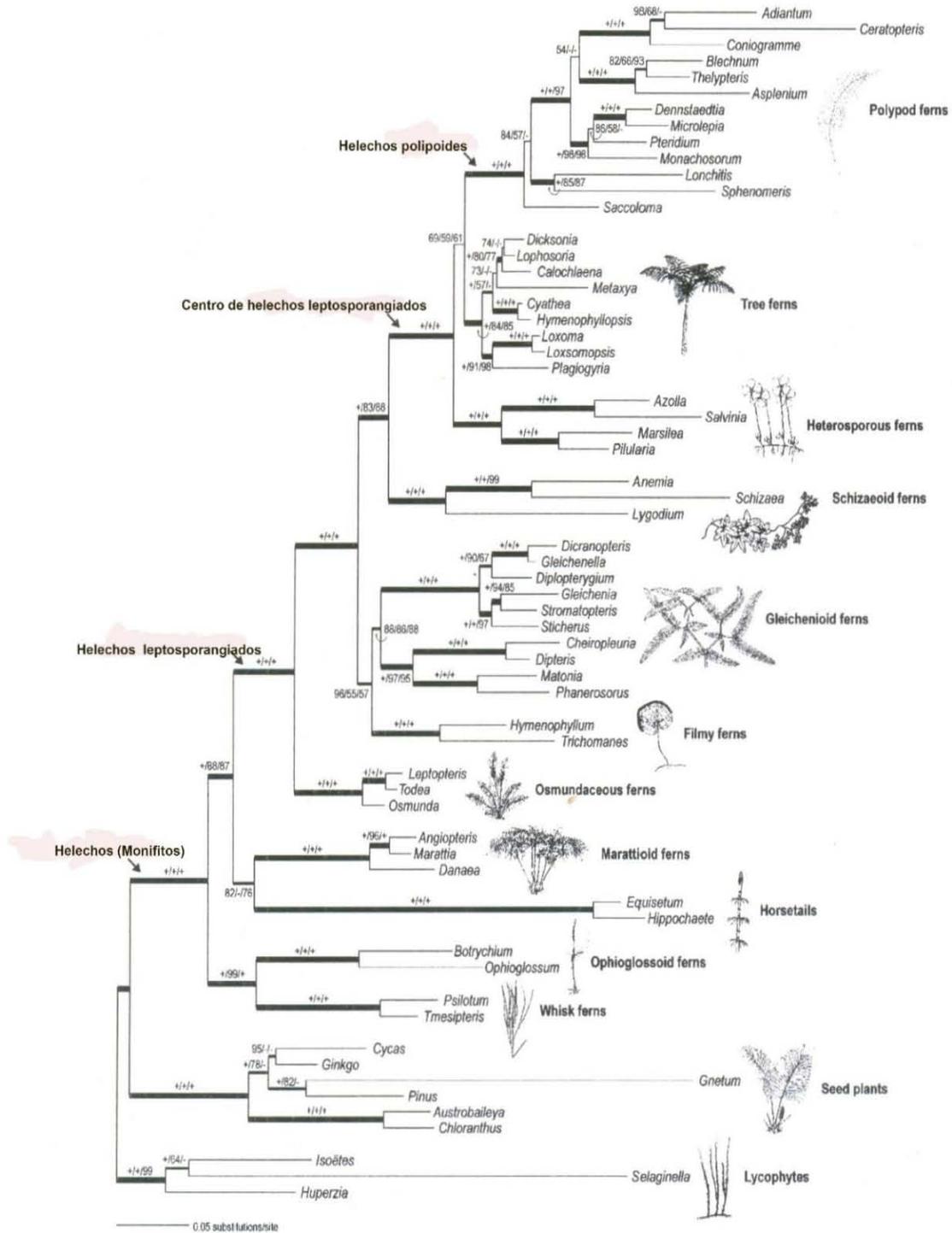


Figura 3. Ubicación de *Plagiogyria* entre las Monilofitas. (Tomado de Pryer *et al.*, 2004).

**Descripción del género *Plagiogyria*(Kunze) Mett.**

Rizoma negro, suberecto, dictiostélico, rodeado por las bases triangulares de los pecíolos, , carece de escamas y tricomas; raíces fibrosas, negras y rígidas; frondas con vernación circinada, pecíolos lustrosos, con neumatóforos inconspicuos, láminas pinnado-compuestas, dimórficas, lanceoladas, coriáceas a sub-coriáceas, la fronda fértil con pecíolos más largos que la fronda vegetativa, pinnas angostas, erecta o arqueada, glabra en la madurez, cuando joven está cubierta por mucílago, presenta márgenes aserrados o biserrados, venación simple o bifurcada, ápice de agudo a acuminado. La fronda fértil madura con márgenes revolutos protegiendo a los esporangios en el lado abaxial, esporangios con anillo oblicuo no interrumpido por el pedicelo, esporas tetra hédricas lisas a tuberculadas, 48 esporas por esporangio (Figura 4), (Mickel y Beitel, 1988; Palacios-Ríos y García, 1998).

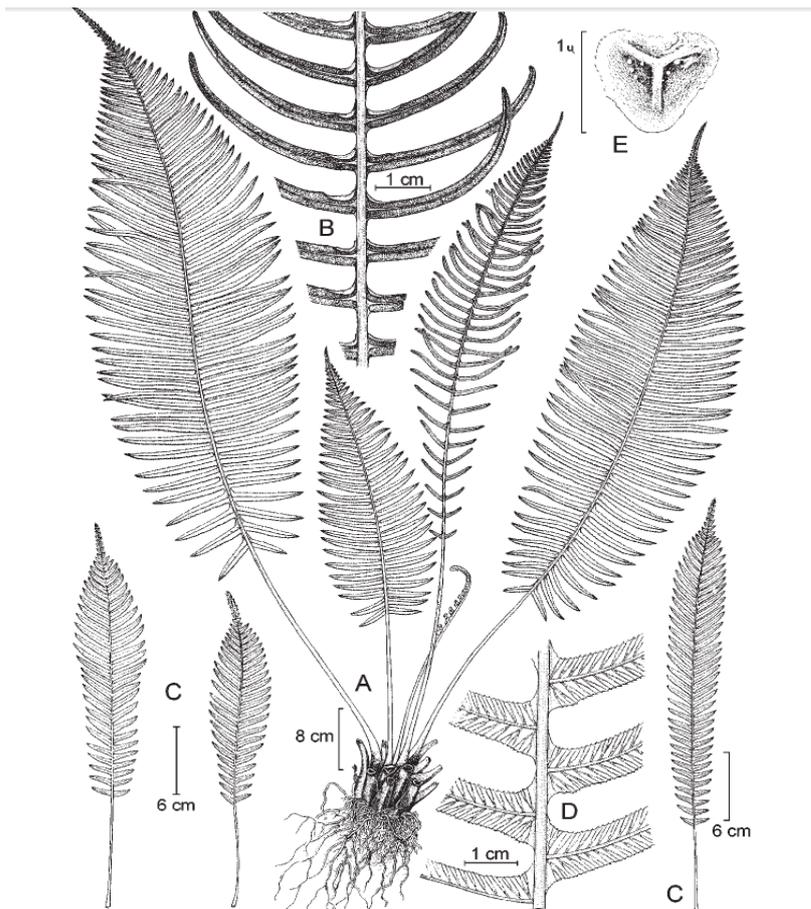


Figura. 4. *Plagiogyria pectinata* (Liebm. ) Lellinger. A. hábito, B. detalle de hoja fértil, C. hojas jóvenes de la misma planta, D. detalle de la hoja estéril, E. espora. (Tomado de Palacios-Ríos y García, 1998)

## **Características generales de los helechos**

Según los fósiles encontrados, la mayor diversidad y abundancia de los helechos se presentó en el período Carbonífero; actualmente existen alrededor de 11,000 especies en todo el mundo. La aparición de bosques con dominancia de angiospermas propició la existencia de hábitats desde ambientes húmedos y sombríos hasta ambientes xéricos, para la radiación de los helechos (Raven *et al.*, 2005), la diversidad de éstos se encuentra prácticamente en todas las zonas climáticas, desde los polos hasta el ecuador y el número de especies aumenta en un gradiente latitudinal, así en los trópicos se encuentran las tres cuartas partes de la diversidad conocida, creciendo de forma epífita, terrestre y acuáticas (Moran, 2014).

Su hábito puede ser arborescente, alcanzando alturas de hasta 24 m ó más como *Cyathea*, hasta muy pequeños de apenas unos cuantos milímetros como *Azolla*; pueden ser rastreras, trepadoras, colgantes. A excepción de *Botrychium* que presenta crecimiento secundario en el tallo, el resto de los helechos solo tiene crecimiento primario y su tallo es conocido como rizoma, el cual puede presentar diversos tipos de sifonostelas, siendo más frecuente la dictiostela (Bold *et al.*, 1987).

Los helechos tienen hojas megáfilas, con tamaño y forma variables, también se conocen como frondas que se originan a partir del meristemo apical del rizoma. Por su crecimiento se clasifican en hojas determinadas cuando su crecimiento es limitado y en hojas indeterminadas cuando presentan un raquis con crecimiento indefinido (Tejero-Diez y Granillo, 2010). El desarrollo de la mayoría de las hojas juveniles se conoce como prefoliación o vernación circinada.

Las frondas están formadas por un peciolo y una lámina que puede ser simple, dicótoma o pinnada y tienen venación libre, ramificada dicotómicamente o reticulada. Algunas hojas pueden presentar indumento como tricomas o escamas o ser totalmente glabras.

Las hojas de los helechos cuando maduras pueden tener esporangios. Si las hojas reproductivas son iguales que las vegetativas se denominan isomórficas o bien pueden ser hemidimórficas o parcialmente dimórficas cuando un segmento de la fronda tiene esporangios y la lámina es reducida y el otro segmento es vegetativo con la lámina extendida, o bien holodimórficas o dimórficas cuando presentan hojas vegetativas diferentes a las hojas reproductivas o fértiles.

Los helechos tradicionalmente y de manera informal se dividen en dos grupos de acuerdo a la estructura y desarrollo de los esporangios. Los helechos eusporangiados, como los circunscritos en la Clase Marattiopsida y Ophioglossopsida, presentan esporangios que se desarrollan a partir de varias células iniciales y van formando paredes paralelas a la superficie del tejido, después estas capas de células se dividen en ambos planos formándose la pared del esporangio y dentro de éste se generan gran cantidad de células madres de las esporas. Los leptosporangiados, que se presentan en la clase Filicopsida, se desarrollan a partir de una célula superficial e inicial, la cual se divide de manera transversal u oblicuamente formando el pedicelo, y la célula que queda internamente da origen al tejido esporógeno, las células externas dan lugar a la pared monoestratificada del esporangio y al anillo; dentro del esporangio se produce un número determinado de esporas, que en muchos casos es de 64 (Raven *et al.*, 2005).

Las hojas fértiles y maduras de los helechos leptosporangiados presentan conjuntos de esporangios llamados soros en la superficie abaxial (o envés), éstos pueden tener diferentes formas como son alargados, arriñonados, elípticos, redondos, acrosticoides, indusiados o exindusiados (Mendoza-Ruíz y Pérez-García, 2009). Una variante de los soros son los esporocarpos, que se presentan en los helechos acuáticos y que en el caso de Marsileales son grupos de soros envueltos por un par de pinnas basales esclerosadas para protección de la estructura reproductora o esporocarpo, mientras que en Salviniales los esporocarpos están formados por un solo soro.

Los helechos eusporangiados agrupan sus esporangios en sinangios como es el caso de *Marattia* y *Ophioglossum*, o bien en espigas o panículas como en *Botrychium*.

En cuanto a las esporas, los helechos pueden ser homospóricos o heterospóricos. En los homospóricos, el gametofito (también conocido como prótalo) generalmente es haploide, de vida libre o independiente de la fase esporofítica, pequeño (de unos cuantos milímetros) y se produce por la germinación de la spora. Éste generalmente es bisexual, salvo en los casos de helechos heterospóricos en que se producen gametofitos unisexuales (Raven y Curtis, 1975). Los bisexuales muchas veces tienen forma de corazón o espatulada y con consistencia membranosa, se anclan al sustrato por numerosos rizoides, los anteridios y arquegonios se forman en la parte ventral del prótalo, los anteridios se encuentran entre los rizoides, mientras que los arquegonios hacia la muesca del mismo.

Los gametofitos pueden ser autótrofos o saprófitos; los de los helechos acuáticos generalmente son endospóricos, no clorofílicos y unisexuales (Judd *et al.*, 2007).

La mayoría de los gametofitos son estacionales y completan su madurez entre tres y ocho meses, existen excepciones que requieren entre 10 y 15 años para alcanzar su madurez. Cada una de las especies necesita condiciones particulares de humedad, PH, temperatura, intensidad y calidad de luz para la germinación de las esporas y crecimiento del gametofito y la manifestación de su sexualidad (Tejero y Granillo, 2010). Para que se lleve a cabo la fecundación es necesaria la presencia de agua que servirá para el traslado del anterozoide hasta la ovocélula, en el momento que los anterozoides detectan la presencia del ácido málico segregado por las células del arqueogonio cuando éstas se degradan, se orientan y nadan hasta la ovocélula, produciéndose así la fecundación que originará el cigoto y posteriormente, si las condiciones son adecuadas, se convertirá en el embrión y finalmente en un esporofito adulto (Figura 5).

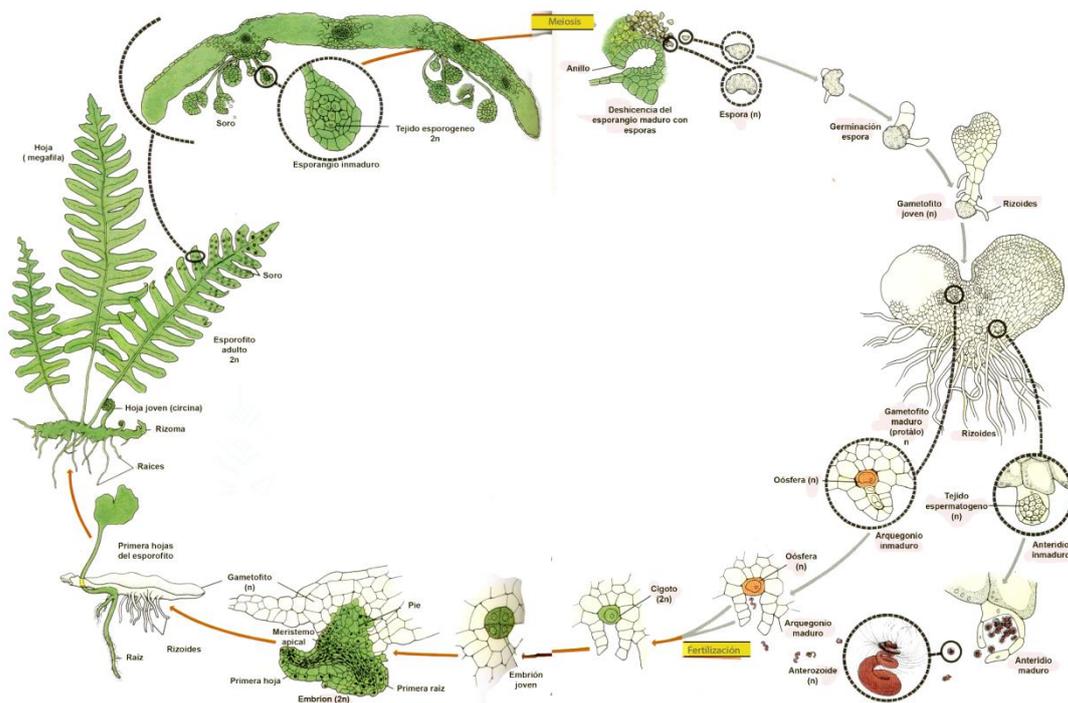


Figura 5. Ciclo de vida general de helechos. (Tomado de Raven *et al.*, 2005)

## Objetivo general

Contribuir al conocimiento morfológico y anatómico del género *Plagiogyria* en México.

## Objetivos particulares

- Conocer la morfología del esporofito de dos poblaciones mexicanas alopátridas de *Plagiogyria*.
- Conocer la anatomía del rizoma, raíz y hojas de las dos poblaciones de *Plagiogyria*.
- Comparar y evaluar los caracteres de las dos poblaciones estudiadas.

## Antecedentes

Los estudios anatómicos y morfológicos en helechos son numerosos aunque con diferentes enfoques, propósitos y en distintos grupos taxonómicos; como antecedentes a este estudio destacan los siguientes.

En taxonomía, la organización de los haces vasculares del pecíolo y del raquis han mostrado ser de gran utilidad para delimitar especies de helechos, tal como fue señalado desde el siglo pasado cuando De la Sota y Rod-Linder estudiaron la anatomía de estos órganos en diferentes especies de helechos (en Tejero-Diez *et al.*, 2010).

Ogura (1972) y Moran (2014) mencionaron los canales de mucílago en las Marattiaceae y en helechos arborescentes de la familia Cyatheaceae. Lo mismo Pacheco y Moran (1999) quienes estudiaron la anatomía de las especies del género *Callipteris* de Guatemala, Bolivia, Brazil y las Antillas Menores encontrando la presencia de canales de mucílago en corteza y médula del rizoma, pecíolo, raquis y a veces en raíces.

Hernández *et al.* (2006) a través del estudio de la anatomía de la raíz, rizoma y la lámina, concluyeron que en el concepto de *Dryopteris patula* se incluían varias especies. Estos autores caracterizaron la forma y el tamaño de las células epidérmicas, los tipos de estomas, la venación y características del mesófilo, además de analizar los meristeles, los cuales se caracterizan por tener nidos de esclereidas, cristales, elementos de vaso y xilema.

Hernández-Hernández *et al.* (2007) estudiaron la anatomía vegetativa de la raíz, el rizoma, el pecíolo y la lámina de *Ctenitis melanosticta* (Dryopteridaceae) y compararon sus resultados con los registrados para *Dryopteris*, *Campyloneurum*, *Asplenium* y *Polybotrya*.

De gran utilidad resultaron los estudios hechos sobre características anatómicas y morfológicas de *Angiopteris erecta* efectuados por Srivastava (2008) quien menciona que a nivel de la base del pecíolo tiene 11 haces vasculares y se fusionan al final del mismo,

quedando solamente cinco haces. Además encontró granulaciones de sílice con ventajas para la planta.

Gracias a los estudios anatómicos se tiene conocimiento de la presencia de una banda circundodermal presente en el pecíolo, rizoma y lámina y de acuerdo a Hernández-Hernández y Terrazas (2009) es una capa de células del tejido fundamental localizada adyacente a la endodermis, presenta muchos taninos y tiene la función de barrera de protección de celulosa que se forma en el estadio de prefoliación (Van Fleet, 1961 en: Hernández-Hernández, 2012). Concluyen que en la escala evolutiva los helechos que presentan mayor cantidad de haces vasculares son los que tienen dicha banda.

Tejero-Diez *et al.* (2010) reconocieron a *Polypodium plesiosorum* como un complejo de especies, las cuales estudiaron junto con otras 23 especies de *Polypodium* y géneros relacionados con propósitos comparativos y de diferenciación. Estos autores estudiaron características como el mesófilo de la hoja, describieron los tipos de estomas, tipo de venación, la anatomía del pecíolo y el raquis.

Moreno y Barbosa (2011) analizaron la morfología y anatomía de órganos fértiles y estériles de 28 helechos y licofitas siendo sus objetivos obtener características de la epidermis para aportar y observar las diferencias entre taxones relacionados y para obtener datos y controlar la calidad medicinal de helechos comerciales. En el mismo trabajo se mencionan los tipos de derivados epidérmicos como tricomas, escamas y estomas de gran valor taxonómico, ya que quedan aún en fragmentos pequeños casi como polvo y pueden ser identificados a través de una clave que los autores ofrecen.

Martínez y Vilte (2012) estudiaron la estructura anatómica de los pecíolos de 12 especies de *Pteris* y proponen la clasificación de las haces vasculares de este órgano en cuatro tipos considerando su forma, número, organización y forma de los haces vasculares, el número de zonas del protoxilema y la presencia de bandas de parénquima en el xilema.

Los tricomas se han estudiado frecuentemente con la intención de utilizarlos como caracteres taxonómicos. Pacheco *et al.* (2002), mencionan que los tricomas en helechos pueden ser glandulares y secretar grasas, polisacáridos mucilaginosos y proteínas. También se reportaron tricomas glandulares en *Plagiogyria euphlebia* (Kunze) Mett. en la base de la hoja menciona, al igual que la presencia de tricomas secretores de mucílago en hojas jóvenes de *Plagiogyria communis* y *P. tuberculata* var. *decrescens* además, en ambas

especies se presentan aeróforos (porción de tejido de aireación) dispuestos de forma irregular (Hennipman, 1968).

Los helechos, al igual que otras plantas, han desarrollado mecanismos de adaptación al medio ambiente, sobre todo cuando las condiciones son extremas y existen poca o nula disponibilidad de agua como *Pteridium*, *Marsilea* y *Woodsia* que se desarrollan en estos ambientes estacionales, o como *Cheilanthes*, *Pellaea* y *Platyzoma* que crecen en suelos áridos y climas muy fríos, estos géneros en estas condiciones presentan elementos de vaso para facilitar y optimizar la conducción del agua cuando se dispone de ella por medio de la interconexión de las placas de perforación entre el rizoma y la raíz, estos conocimientos han sido posibles gracias a los estudios anatómicos que se han realizado en estos grupos (Carlquist y Schneider, 2001). Riveiro *et al.* (2007) analizaron la anatomía de las hojas de dos especies de *Anemia* con el objetivo de conocer las características que les permiten vivir en condiciones de estrés hídrico, radiación solar alta y en suelos pobres en donde al parecer, los depósitos de sílice en la epidermis le confieren ventajas para sobrevivir en estos ambientes.

Lellinger (1971) estudió la sección Carinatae del género *Plagiogyria* en América y describió seis especies para el continente entre los que incluye a *P. pectinata*, mientras que Kramer (1990) señaló la descripción de la familia Plagiogyriaceae la anatomía y morfología también del gametofito, cariología, ecología y distribución. En su obra sobre la anatomía comparativa de órganos vegetativos de pteridofitas, Ogura (1972) incluyó la anatomía de varias especies de *Plagiogyria* de Japón.

Por otro lado, los tratamientos taxonómicos para las Monilofitas también son significativos en México. Mickel y Smith (2004) estudiaron la pteridoflora de México citando la presencia de 1008 especies en nuestro territorio; como antecedente para este estudio es importante la inclusión del género *Plagiogyria* mencionando su distribución, número de especies, y su posible relación filogenética con otros helechos como *Osmunda*, *Blechnum* y su sinonimia. Mencionan particularmente algunos ejemplares de *Plagiogyria* recolectados en el estado de Morelos, sugiriendo que éstos pueden representar un estado de transición que se corresponde con los cambios de humedad durante el año y posiblemente a la hibridación.

Posteriormente Velázquez (2005) hace énfasis en la confusión que podría presentar *Plagiogyria* con el género *Blechnum*, *Dicksonia* y *Metaxya*.

Moran (2014) mencionó que el género *Plagiogyria* no tiene fósiles, además elaboró una descripción de la familia Plagiogyriaceae, su distribución y ecología. Relacionó al único género de Plagiogyriaceae con el género *Culcita* (Dicksoniaceae) aunque morfológicamente tienen poco en común, y con *Blechnum* con el comparte la presencia de más de tres haces vasculares y el mucílago que cubre a la circina. Moran hace referencia al trabajo de Shang y Nooteboom en 1998 en el que describieron a este género y reconocieron a 10 especies en el Viejo Mundo y una en la zona neotropical.

### Descripción del área de estudio

En este estudio se utilizó material recolectado en dos poblaciones alopátridas con el propósito de comparar los caracteres presentados por las muestras de cada población. Una de las poblaciones se ubica en el municipio de Zacualtipán en la localidad La Cantera en el estado de Hidalgo, con coordenadas 20° 39' latitud norte y 98°39' longitud oeste, a una altitud de 1980 msnm. Esta localidad se encuentra en región fisiográfica de la Sierra Madre Oriental. La segunda localidad se encuentra en la zona de Los Azufres, municipio de Ciudad Hidalgo en el estado de Michoacán, con coordenadas 19°45'22.14" y 100°41'14.5" y a una altitud de 2380 msnm. Esta localidad se ubica en el Eje Volcánico Transversal (Figura 6). En ambas localidades, la vegetación circundante es el bosque de pino-encino.

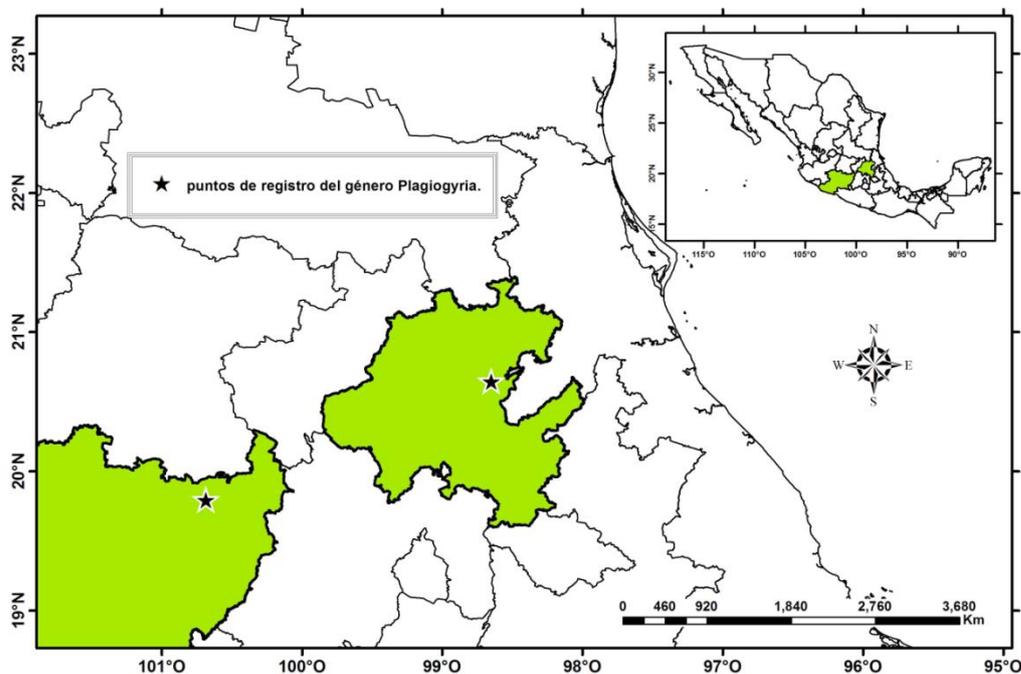


Figura 6. Ubicación de las localidades de colecta. El estado de Hidalgo y parte del estado de Michoacán están resaltados, las estrellas indican los sitios de colecta.

La Sierra Madre Oriental es una cadena montañosa que corre paralela a la vertiente del Golfo de México desde el sur del Río Bravo hasta los límites con el Eje Volcánico Transversal. Esta sierra se origina de estratos marinos compuestos de rocas sedimentarias, particularmente de rocas calizas, mientras que el Eje Volcánico Transversal es una cordillera de origen volcánico, formada por rocas calizas, lutitas y arenizas. Esta cordillera atraviesa el territorio nacional por su parte central, desde el estado de Nayarit en el occidente, hasta Veracruz en el este (SEMARNAT y CONAFORT, 2011).

### **Material y Método**

Se realizó una revisión bibliográfica sobre aspectos taxonómicos, de distribución y morfología de *Plagiogyria pectinata*; además se consultaron ejemplares del herbario MEXU y del FCME para observar la variación morfológica de la especie y para conocer sitios de distribución para la posterior recolecta (Figura 7).

Se eligieron dos sitios de recolecta en los estados de Hidalgo y Michoacán. En cada sitio se recolectaron tres muestras de ejemplares completos para herbario, se tomaron los datos de recolecta (localidad, coordenadas, altitud, tipo de vegetación) y datos de la planta (hábito, tamaño, abundancia); después de ser procesados, los ejemplares se incorporaron a la colección del herbario de la Facultad de Ciencias (FCME), (Figura 7).

También se recolectaron individuos completos que se mantuvieron vivos hasta analizarlos en el laboratorio. En los pecíolos de éstos se hicieron cortes transversales en fresco cada 5 mm para conocer los cambios que presenta el pecíolo desde que emerge del rizoma hasta que surge el primer par de pinnas. Asimismo fragmentos del rizoma se colocaron en hipoclorito de sodio por 48 horas para su disociación y observación de elementos celulares, posteriormente las muestras se lavaron y se montaron en portaobjetos convencionales para ser observadas al microscopio óptico en contraste de fase y con luz polarizada.

Otra parte de la recolecta fue cortada en fracciones y fijada en FAA (formol, ácido acético y alcohol etílico), de cada fragmento se anotó la posición en la fronda (apical, media y basal), el tipo de hoja (fértil o estéril), o si se trataba de otro órgano (pecíolo, raíz o rizoma). Debido a la presencia de abundante tejido esclerosado en el rizoma y la base del pecíolo, estas estructuras se pusieron en ablandador GAA (glicerina, alcohol etílico, agua destilada en proporción 1:1:1); posteriormente se lavaron y luego se deshidrataron con

alcoholes graduales como se menciona en el apartado de “Técnica para la obtención de cortes histológicos” (Figura 7).

*Técnica para la observación de esporas y de estomas.* De cada una de las colectas herborizadas se tomó una pinna y se procesó para observar los estomas. Asimismo se tomaron muestras de esporas para ser observadas al MEB. Cada muestra se procesó utilizando una ionizadora de vacío DESKII denton Vacum, modelo FC. 999-06364 y se cubrieron con oro, las observaciones se hicieron en un microscopio marca Jeol, modelo JSM-5310 LV.

En algunas de las pinnas de los ejemplares herborizados se aplicó una película de cianoacrilato (Kola-Loka), posteriormente se despegó y se montó en un portaobjetos convencional para ser observada al microscopio y analizar los estomas de las hojas.

*Técnica para el aclarado de hojas.* Del material fijado se tomaron muestras de pinnas para procesarlas mediante diafanización y evidenciar la venación. La técnica consiste en lavar el material con agua corriente, luego colocarlo en NaOH (al 5 % en agua destilada) durante 5 minutos, para después lavarlo, posteriormente se adicionó hipoclorito de sodio (50:50) hasta que las pinnas quedaron transparentes, se lavaron y se deshidrataron con alcoholes graduales (30, 50, 70, 85, 96, safranina 96%, 96 y 100%), posteriormente se colocaron en una mezcla de xilol-etanol (50:50), después en xilol-aceite de clavo y se montaron en resina sintética con base en xilol. Cuando las preparaciones se secaron fueron observadas al microscopio óptico y al estereoscópico.

*Técnica para la obtención de cortes histológicos.* De acuerdo con López *et al.* (2005), para obtener los cortes histológicos, los fragmentos fijados en FAA fueron lavados con agua corriente y posteriormente se deshidrataron con alcoholes graduales hasta su inclusión en parafina (30%, 50%, 70%, 85%, 96% y 100%, 100%-xilol, xilol-parafina, parafina), posteriormente se hicieron cortes con diferentes grosores de acuerdo al órgano: rizoma y base del pecíolo de 18-20  $\mu\text{m}$ ; pecíolo de 7 a 10  $\mu\text{m}$ ; pinna y ápice de fronda de 7  $\mu\text{m}$  y de raíz de 12  $\mu\text{m}$ . Los cortes se realizaron en un micrótomo semiautomático Leica RM 2165. Después del corte se desparafinaron y se tiñeron con la técnica de safranina-verde rápido. Finalmente se montaron en resina sintética. Los cortes secos, se observaron y se analizaron a través de un microscopio óptico marca Leica DMLS.

Selecciones de diferentes campos de las preparaciones fueron fotografiadas utilizando un fotomicroscopio marca Olympus modelo Provis AX70.

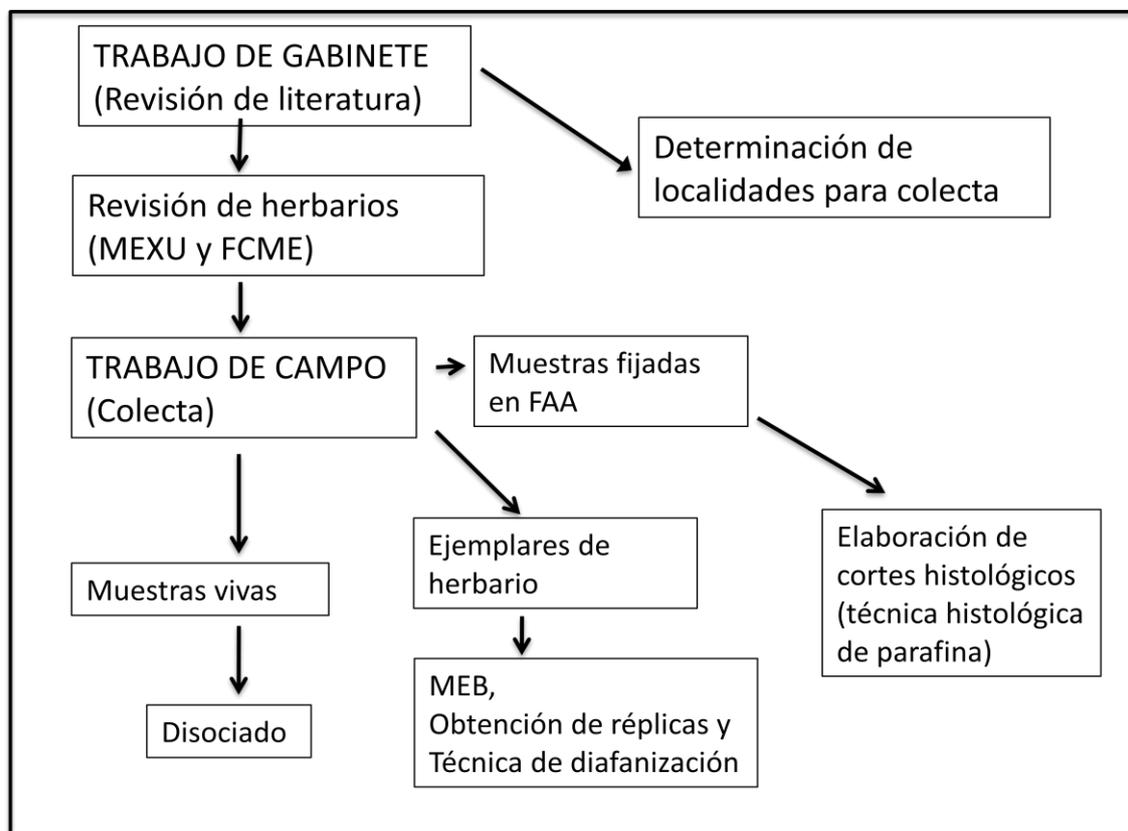


Figura 7. Diagrama del método

## RESULTADOS

La observación detallada de las poblaciones en campo, de los ejemplares colectados y de los cortes anatómicos permitió caracterizar a ambas poblaciones como a continuación se describe.

### ***Plagiogyria pectinata* del estado de Hidalgo**

*Habitat.* Los individuos de *Plagiogyria pectinata* colectados en Hidalgo crecen en el bosque de coníferas y *Quercus* en transición con el bosque mesófilo de montaña, a orillas de ríos y arroyos o cercanos a estos, en lugares sombríos de clima templado húmedo. El suelo es rico en húmus y blanquecino por la gran cantidad de carbonato de calcio. Las plantas de *Plagiogyria* están asociadas a licopodios, briofitas *s.l.*, y otros helechos como

*Dryopteris* y *Elaphoglossum*. Altitud de 1980 a 2100 msnm. Produce hojas fértiles y esporas desde abril hasta noviembre.

*Descripción morfológica.* Plantas herbáceas, verde oscuro, terrestres; raíces fibrosas, negras y rígidas. Rizoma de 2-3 (6) cm de largo, erecto, rígido, dictiostélico, ensanchado por las bases triangulares de los pecíolos. Hojas dimórficas, una vez pinnadas, arregladas helicoidalmente. Fronda vegetativa madura de (34) 63-65 (94) × 10-23 cm, pecíolos de (6) 11-20 (38) cm de largo, negruzcos hacia la base y verde-amarillentos hacia la región distal; raquis de 16-45 (56) cm de largo, con tres surcos longitudinales en el haz, lámina lanceolada y semicoriácea, con 21-37 pares de pinnas, margen aserrado, venación libre dicotómica alcanzando el margen de la pinna, pinnas basales de 3.5-9 × 0.4-1.2 cm, pinnas medias de (6) 10-12.5 × 0.5-1.3 cm de ancho, las apicales de 0.5-3 × 0.1-0.5 cm, las pinnas basales con mayor separación entre sí que las pinnas apicales. Envés con tricomas glandulares negros y pequeños en las pinnas apicales, haz glabro. Fronda fértil de (38) 65-111 × 5-15 (20) cm, pecíolos de 18-60 cm de largo, raquis de 23-51 cm de largo, pardo oscuro, lámina pinnada y lanceolada, con 24-39 pares de pinnas curvas, con margen revoluto; pinnas basales de 3-7 × 0.1-0.7 cm, pinnas medias de 4-11 × 0.2-0.8 cm, pinnas apicales de 0.2-1.1 × 0.1-0.3 cm. Envés con escasos tricomas capitados glandulares cerca de la base de las pinnas, con escasa secreción hialina (figura 8).



Figura 8. Aspecto de la fronda herborizada recolectada en el estado de Hidalgo.

*Descripción anatómica. Raíz.* Contorno ligeramente aplanado u ovalado en corte transversal, diámetro de 400-800  $\mu\text{m}$ . Rizodermis monoestratificada, estrato más externo del córtex formado por células esclerénquimatosas de 1-2 estratos, hacia el interior se presentan de 4-6 estratos de células de parénquima. Haplostela alargada, diarca formada por 4-5 células de metaxilema centrales y dos polos de protoxilema, 2-5 estratos de floema en torno al xilema, periciclo rodeando al tejido vascular y delimitado por la endodermis (figura 9A).

*Rizoma.* Contorno cilíndrico a poligonal en corte transversal, de 5.6-5.8mm. Epidermis monoestratificada y cutinizada; cortex de 700-1100  $\mu\text{m}$ , formado por varios estratos de células de parénquima en algunos de ellos se puede observar la presencia de drusas e intercalado entre el parénquima se presentan de 2-3 estratos de esclerénquima. Dictiostela formada por meristelas de 1060-3000 $\times$  400-800  $\mu\text{m}$  en forma de arco, cada meristela es perifloemática. Cada meristela delimitada por la endodermis, subyacente está el periciclo con 1-3 estratos de células, que delimita al floema formado de 2-13 estratos de células, metaxilema central, el protoxilema se encuentra en los polos (colateral), traqueidas escalariformes, reticuladas y posibles elementos de vaso. Se observan algunos nidos de esclerénquima entre las trazas foliares. La médula presenta contorno semi-circular, de 1.6 $\times$ 2mm y principalmente conformada por parénquima de reserva; la parte externa formada de 7-15 estratos de células, mientras que la zona interna tiene de 7-34 estratos de células más oscuras que las internas. En la zona del córtex es posible observar las trazas de las raíces (figura 9B-D).

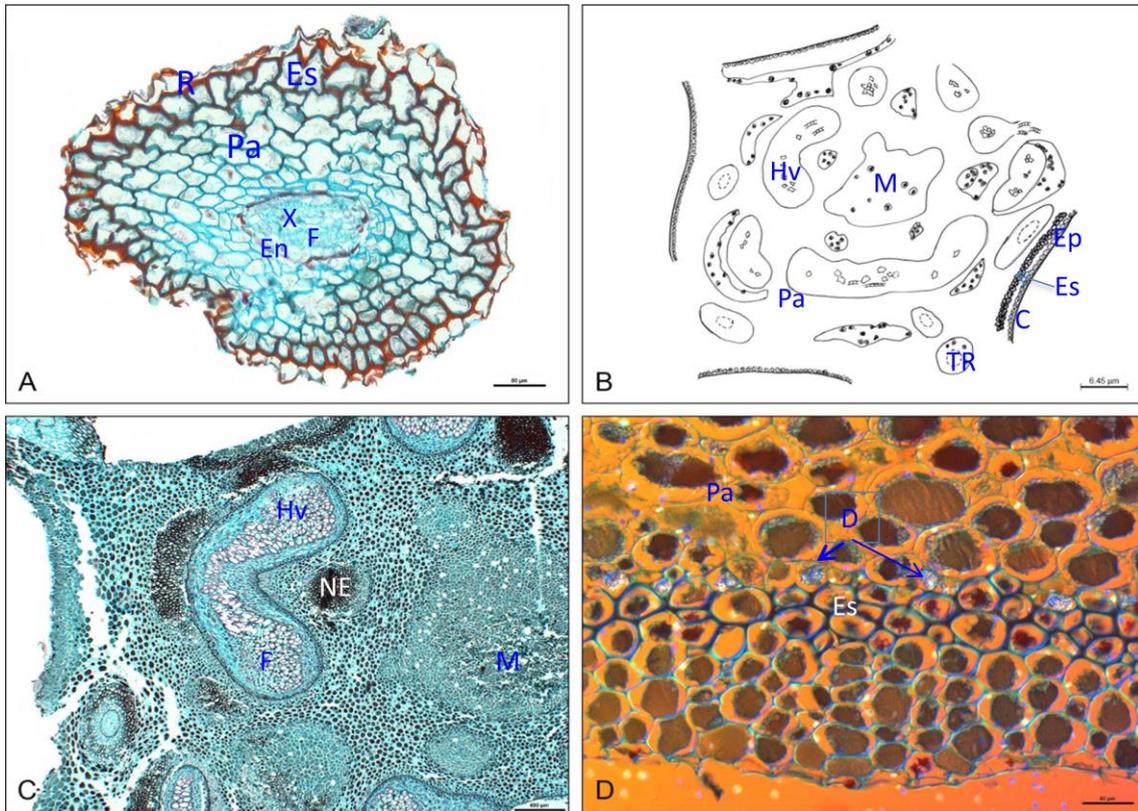


Figura 9. A. Corte transversal de raíz. B. Esquema de rizoma. C. corte transversal de un fragmento de rizoma. D. Acercamiento del tejido parenquimático donde se observan drusas. R= rizodermis; Es = esclerénquima, Pa= parénquima; En = endodermis; F = floema; X = xilema; HV = haz vascular; M = médula; Ep = epidermis; C = cutícula; TR = Traza de raíz; Pe= periciclo; NE= nido de esclerénquima; D = Drusa.

*Pecíolo.* Contorno triangular hacia la base, de 5-5.6mm, pentagonal hacia la parte media 3200-4200µm y pentagonal a cuadrado u oblado hacia el ápice, de 1.7-2.64mm. En la parte media es evidente la presencia de dos salientes laterales en el lado adaxial a manera de alas, epidermis monoestratificada, externamente cutinizada, cortex externo formado por 8-10 estratos de esclerénquima, al interior de éste está el parénquima con ca. 13 estratos en donde es posible observar drusas; haces vasculares 3 hacia la base del pecíolo, fusionados hacia la parte media y alta hasta formar un solo haz en forma de U. Haces vasculares rodeados por una vaina de esclerénquima. Haces delimitados por la endodermis. El periciclo conformado por 2-3 estratos de células, floema con 4-5 estratos; xilema central formado por 1-3 estratos de células de metaxilema (Figura 10A-E).

*Raquis.* Parte apical cuadrada a pentagonal-oblado, de 1.3 a 1.8 mm, un solo haz en forma de arco, formado por floema con 3-12 estratos, metaxilema de 1-2 y protoxilema en los extremos y fuera del metaxilema, tejido de conducción rodeado de una vaina de 1-4

estratos de esclerénquima, haz delimitado por endodermis, periciclo de 1-3 estratos (Figura 10F).

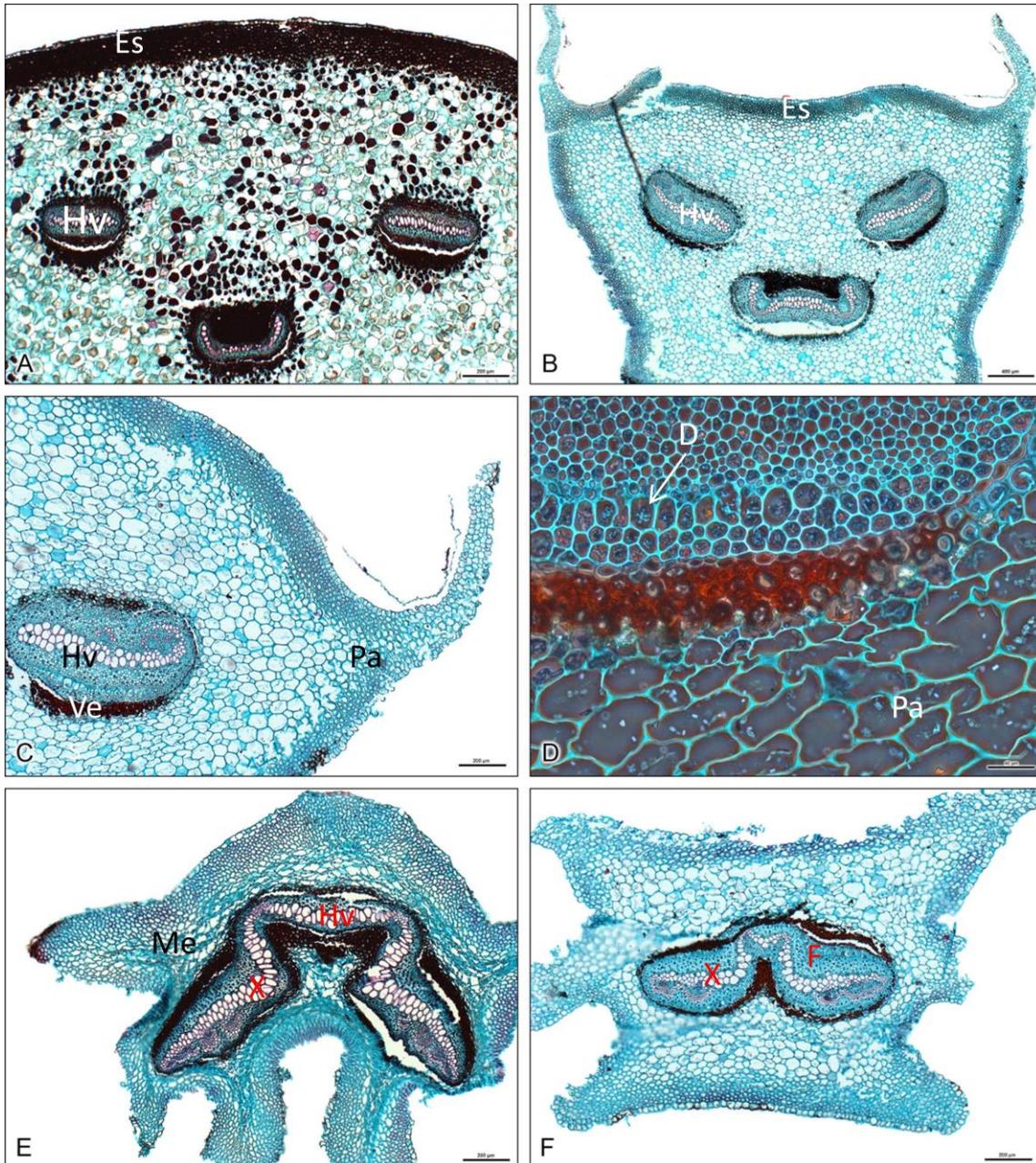


Figura 10. Pecíolo. A. Base. B. Parte media. C. Acercamiento de parte media. D. Acercamiento del haz vascular mostrando drusas en contraste de fases. E. Ápice del pecíolo (inicio del raquis). F. Ápice del raquis. Hv = haz vascular; C = cutícula; Ep = epidermis; Es = esclerénquima; Pa = parénquima; Ves = vaina de esclerénquima; D = drusa; Me = mesófilo; X = xilema; F = floema.

*Hoja vegetativa.* Venación libre dicotómica, las bifurcaciones se presentan de la parte media hacia el margen de la hoja. Cara abaxial con 2-4 hileras de estomas

anomocíticos entre las vénulas. Epidermis monoestratificada; lámina unifacial, mesófilo de parénquima esponjoso formado por 5-7 estratos de células dispuestas laxamente, con mayores espacios en la cara abaxial. Vena media con lóbulo adaxial de 500  $\mu\text{m}$  y lóbulo abaxial de 340  $\mu\text{m}$ , está formada por un haz vascular limitado por una endodermis, periciclo monoestratificado, floema con 2-5 estratos de células, xilema central. Colénquima de 3-8 estratos, rodeando al haz vascular; 2-4 vénulas a cada lado del haz principal (figura 11A-B).

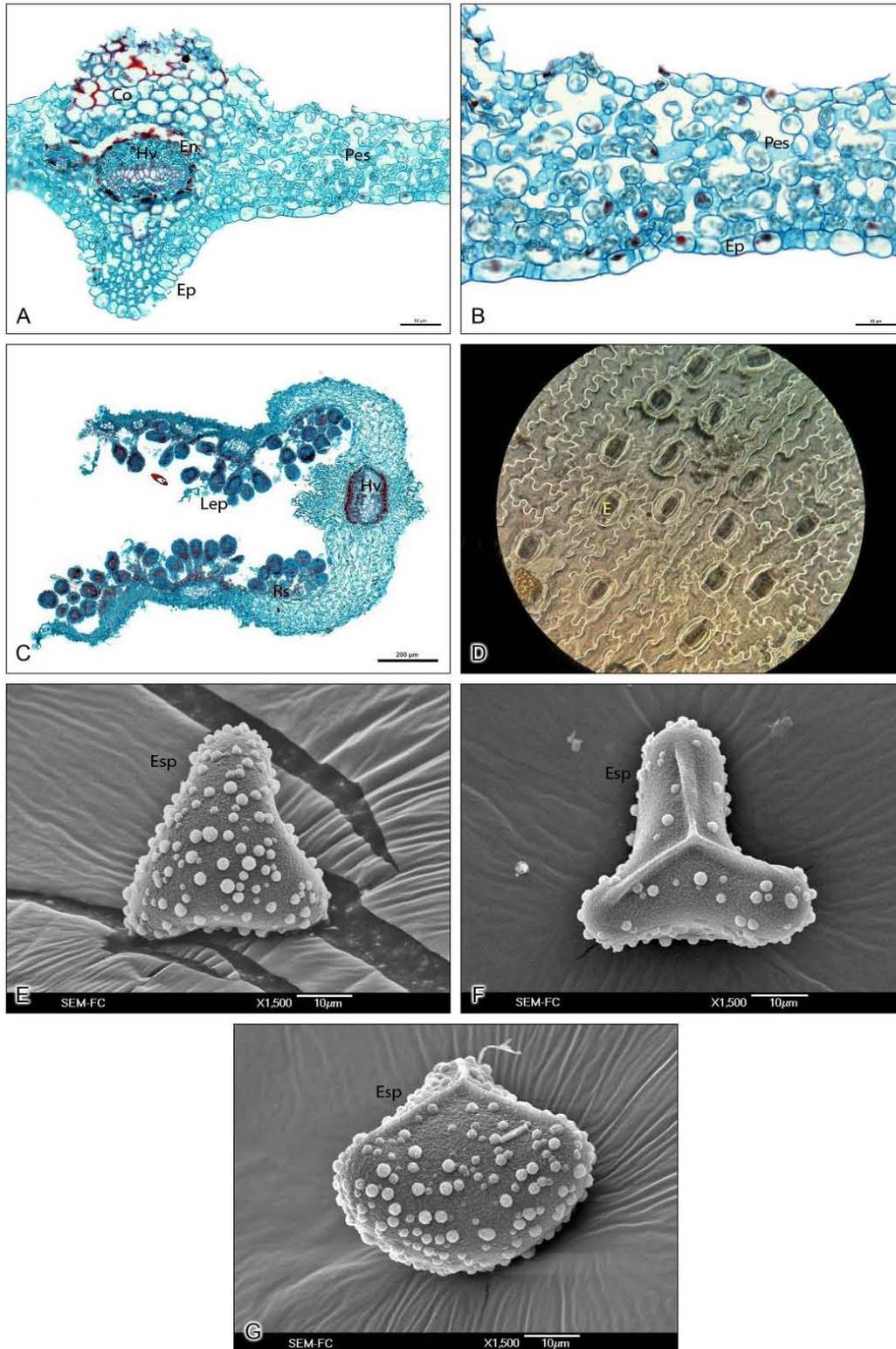


Figura 11. Corte transversal de una pinna de la hoja vegetativa. A. acercamiento del haz vascular principal. B. acercamiento del tejido fotosintético. C. Corte transversal de hoja fértil. D. estomas. E-G. Esporas (E = polo distal; F = polo proximal mostrando marca trilete, G; vista ecuatorial). Co = colénquima; Hvp = haz vascular principal; En = endodermis; Ep = epidermis; Pes = parénquima esponjoso; Rs = receptáculo del soro; L = leptosporangio; E = estoma.

*Hoja fértil.* Epidermis monoestratificada, mesófilo de células parenquimatosas, medianamente distribuidas, fotosintéticas. Lóbulo de la vena media de 200  $\mu\text{m}$  en la cara adaxial y 300 $\mu\text{m}$  en la cara abaxial; haz vascular principal limitado por la endodermis, periciclo monoestratificado y seguido de 3-4 estratos de células de floema; metaxilema central y protoxilema colateral. Soros en grupos de 3-5, cada uno con 3-18 leptosporangios, formando senosoros, sub-marginales, madurez sincrónica. Pedicelo del leptosporangio con 7 células. Esporas triletas (figura 11D-E).

### ***Plagiogyria pectinata* del estado de Michoacán**

*Habitat.* Los individuos de *P. pectinata* colectados en Michoacán, crecen en el bosque de coníferas y *Quercus* en transición con el bosque de *Pinus* y *Abies*. En cañadas húmedas cercanos a arroyos y lagunas, en lugares sombríos de clima templado. Asociada a *Dryopteris* sp. y *Adiantum* sp. En altitudes de 2350 a 2900 msnm. Producción de hojas fértiles y esporangios de abril a junio.

*Descripción morfológica.* Planta herbácea verde claro, terrestre, raíces fibrosas, negras y rígidas. Rizoma de 1-2 cm de largo, erecto, rígido, dictiostélico ensanchado por las bases triangulares de los pecíolos. Hojas dimórficas y una vez pinnadas arregladas helicoidalmente, semicoriáceas. Fronda vegetativa madura de (26) 36-66 (129)  $\times$  11-18 cm; pecíolos de 11-31 cm de largo, amarillo-paja, con abundantes tricomas capitados, raquis de (26) 36-60 (98) cm con tres surcos longitudinales, lámina lanceolada y semicoriácea con (34) 42-78 pares de pinnas, margen aserrado muy fino, venación libre alcanzando el margen de la pinna; pinnas basales de (1) 4.5-5.5  $\times$  0.3-0.5 cm; pinnas medias de 7-11  $\times$  0.6-1 cm, las apicales de 0.4-0.5  $\times$  0.2-0.3 cm, las pinnas basales con mayor separación entre sí que las pinnas apicales. Haz y envés con abundantes tricomas glandulares capitados sobre el raquis y venas medias de las pinnas. Fronda fértil de 38-66  $\times$  8.5-11 cm; pecíolos de 3-8 cm de largo, raquis de 46.5-52 cm de largo, pardo claro a pajizo, lámina pinnada, lanceolada, coriácea, con 37-60 pares de pinnas, margen revuelto que protege a los esporangios, pinnas basales de 2-3  $\times$  0.1-0.2 cm; medias de 5-5.5  $\times$  0.2 cm y apicales de 0.1-0.5  $\times$  0.2-1.5 cm de ancho (figura 12).



Figura 12. Aspecto de la fronda herborizada colectada en el estado de Michoacán

*Descripción anatómica. Raíz.* Contorno cilíndrico, diámetro de ca. 540 $\mu$ m. Rizodermis monoestratificada, los dos estratos más externos del cortex formados por células grandes parenquimatosas, hacia el interior se presentan tres capas de células más pequeñas de esclerénquima. Haplostela diarca, 4-5 células de metaxilema y dos polos de protoxilema, 2-4 estratos de floema en torno al xilema, periciclo rodeando al tejido vascular y delimitado por la endodermis (figura 13A).

*Rizoma.* Contorno ovalado en corte transversal, de 2700-4000  $\mu$ m. Epidermis monoestratificada y cutinizada, cortex de 500-1300  $\mu$ m formado por varios estratos de células de parénquima e intercalado con 2-4 estratos de células de esclerénquima. Dictiostela formada por meristelas de 160-1200  $\times$  240-360  $\mu$ m, en forma de S o de arco, adyacente a ellas de 3-7 estratos de células de esclerénquima. Cada meristela delimitada por la endodermis, subyacente está el periciclo con dos a cuatro estratos de células que delimita al floema formado de 2-6 estratos de células, metaxilema central y protoxilema en los polos. Entre los meristeles se encuentra esclerénquima en forma circular (nidos de

esclerénquima). Médula semicircular de 1300-2000  $\mu\text{m}$  formada por parénquima. Se observan trazas radiculares y trazas foliares en la zona cortical (figura 13 B-D).

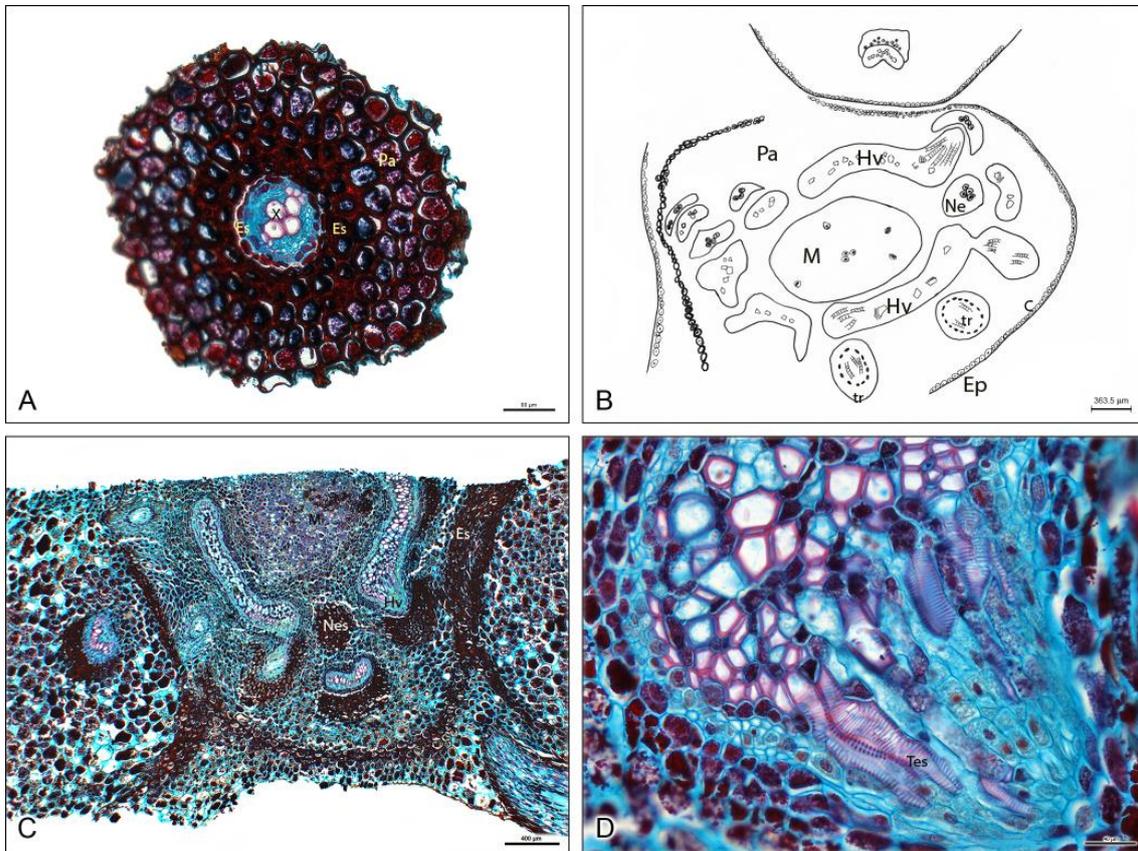


Figura 13. A. Corte transversal de raíz. b. Esquema con la reconstrucción del rizoma. c. Corte transversal de un fragmento de rizoma. D. acercamiento de un fragmento de la meristela mostrando los elementos del xilema con paredes engrosadas. R = rizodermis; Pa = parénquima, Hv = haz vascular; En = endodermis; M = médula; Ep = epidermis; C = cutícula; TR = Trazas de raíz; NE= nido de esclerénquima; T = traqueida; Es = esclerénquima.

*Pecíolo.* Cutícula presente, epidermis monoestratificada. Hacia la base el contorno es triangular, de  $2800 \times 3540 \mu\text{m}$ , haz vascular en forma de V, rodeado por 1-3 estratos de células de esclerénquima; parte media triangular-redondeada de  $4600 \times 4000 \mu\text{m}$ , con 3 haces vasculares, cortex con 4-12 estratos de células de esclerénquima, subyacente de 10-30 estratos de parénquima de células de mayor tamaño que las anteriores; la parte apical del pecíolo (en donde inicia el par de pinnas basales) con forma pentagonal, de  $3200-3100 \mu\text{m}$  de diámetro, con dos salientes laterales en el lado adaxial y haces vasculares fusionados en uno solo con forma de arco, córtex con 5-10 estratos de células de esclerénquima, hacia el centro de 6-18 estratos de células de parénquima; haz vascular con

endodermis, periciclo de 1-2 estratos, floema de 3-8 y metaxilema de 2-4, protoxilema externo al metaxilema e intercalado entre este último (figura 14 A-D).

*Raquis.* Parte apical triangular, de 1240-1600  $\mu\text{m}$ , un solo haz en forma de V formado por floema con 1-4 estratos, metaxilema de 1-2, protoxilema intercalado en la parte central del metaxilema, tejido de conducción rodeado por un estrato de esclerénquima, haz delimitado por endodermis, periciclo de 2 estratos (figura 14E).

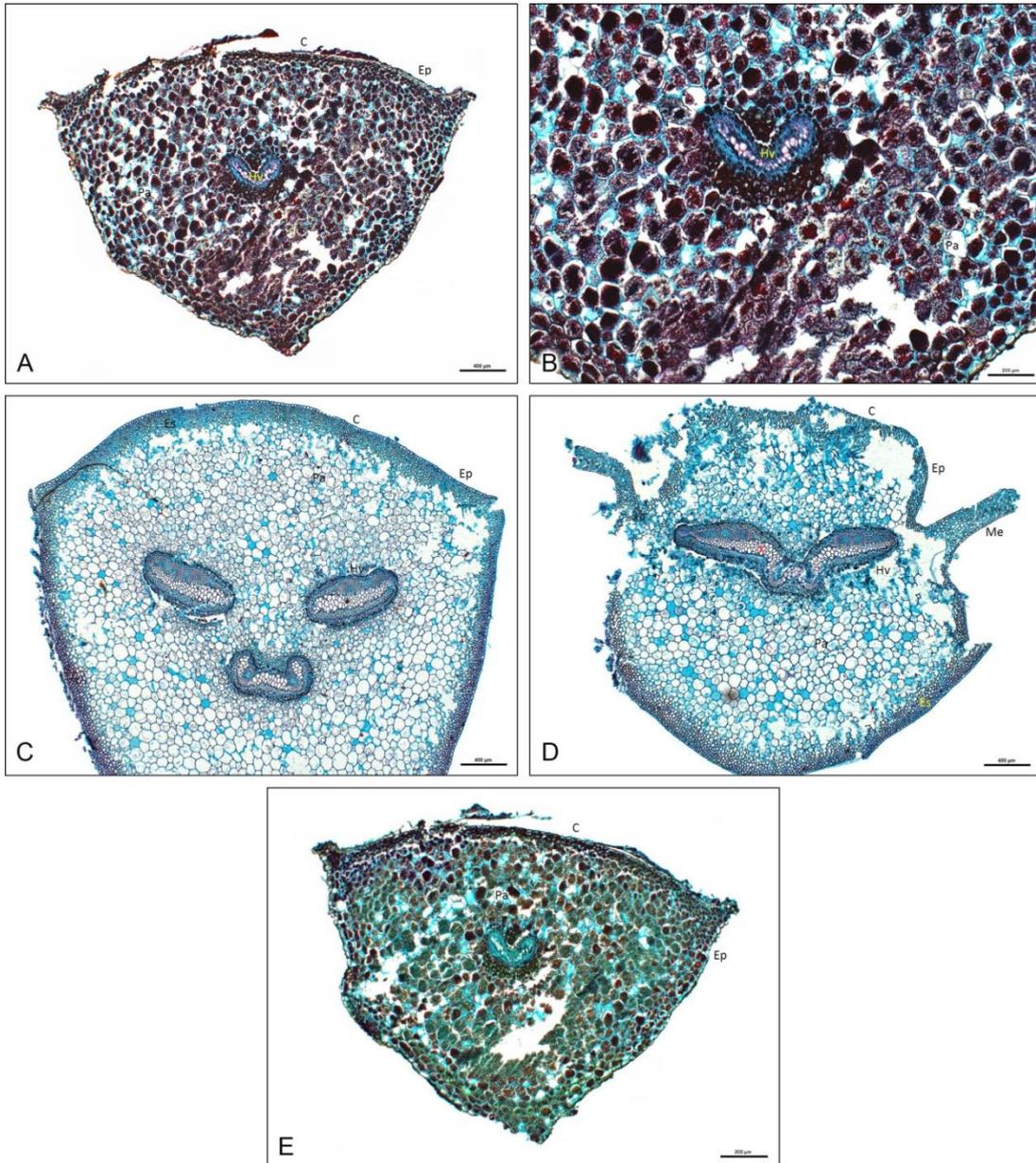


Figura 14. A. Base del peciolo. B. acercamiento de la base del peciolo. C. parte media del peciolo. D. parte apical del peciolo o base del raquis. E. Ápice del ráquiz. Pa = parénquima, Hv = haz vascular; En = endodermis; Ep = epidermis; C = cutícula; Es = esclerénquima; Me = mesófilo;

*Hoja vegetativa* Venación dicotómica, las bifurcaciones se presentan en la parte media al margen de la hoja, la cara abaxial con 1-2 hileras de estomas anomocíticos entre las vénulas .epidermis monoestratificada, lámina unifacial, mesófilo de parénquima esponjoso formado por 6-8 estratos de células dispuestas laxamente, con espacios mayores hacia la cara abaxial. Vena media formada por un haz vascular limitado por una endodermis, periciclo monoestratificado o con dos estratos, floema con 4-6 estratos y xilema central con dos estratos de células (figura 15A-D).

*Hoja fértil.* Epidermis monoestratificada, mesófilo de células parenquimatosas distribuidas laxamente, vena principal prominente con 6-7 estratos de células grandes hacia el lado abaxial, en el lado adaxial tiene de 10-11 estratos de células más pequeñas respecto a la abaxial; con una vénula adyacente. Haz vascular principal limitado por la endodermis, periciclo formado por una o dos capas, seguido de 2-4 estratos de células de floema, metaxilema central formado por 1-3 estratos y protoxilema colateral. Soros 1-2 agrupados en la parte media de la pinna formando sensoros con 6-12 leptosporangios cada uno, maduración sincrónica. Pedicelo del leptosporangio formado por 6-7 células largas, esporas triletas (figura 15 E y F).

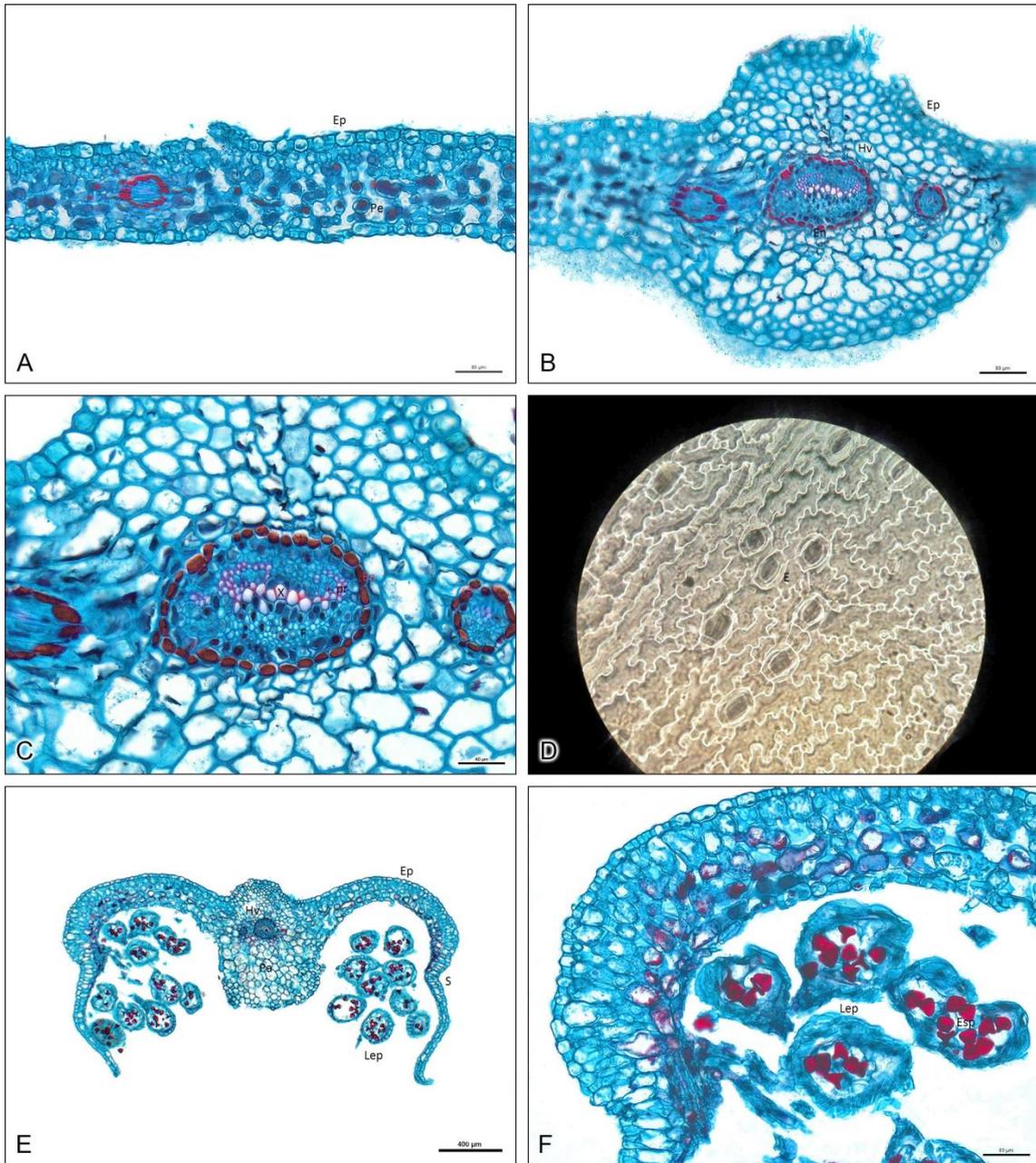


Figura 15. A. Corte transversal de una pinna vegetativa. B. Acercamiento de la hoja en parte media. C. acercamiento de la hoja en la vena principal. D. estomas. E. Corte transversal de una pinna fértil. F. acercamiento de esporangios con esporas triletes. Hvp = haz vascular; En = endodermis; Ep = epidermis; Pes = parénquima esponjoso; Rs = receptáculo del soro; L = leptosporangio; E = estoma; Esp = esporas.

### Discusión

En este trabajo se encontraron varios caracteres que son compartidos entre las dos poblaciones estudiadas, así se tiene que no hay diferencias en la consistencia de la lámina

de las hojas, de la venación, el margen de la pinna fértil es revoluto en ambas y las esporas son triletes.

Entre los caracteres anatómicos se observa que la raíz de las dos poblaciones tienen haplostela diarca.

En la parte media del pecíolo comparten la presencia de tres haces vasculares, el córtex presenta la misma estructura de esclerénquima y parénquima y los haces vasculares están rodeados de una banda de esclerénquima.

En el raquis los haces vasculares están fusionados y presentan dos prolongaciones en el lado adaxial, en el córtex, la forma del haz vascular es similar.

Respecto a la raíz, se observan diferencias marcadas entre las dos poblaciones. En la zona cortical las muestras de Hidalgo presentan dos zonas, la corteza interna formada por células de parénquima de paredes delgadas y una zona de corteza externa con parénquima de paredes engrosadas, mientras que en las plantas de Michoacán, la corteza es homogénea y solo está constituida por células de parénquima con paredes engrosadas. El metaxilema del haz vascular se presenta en mayor proporción en el de Hidalgo que en el de Michoacán.

En cuanto al rizoma, las muestras colectadas en Hidalgo presentan mayor tamaño con respecto a las de Michoacán, el resto de las características no muestra diferencias considerables (Cuadro 1). Sin embargo, se encontraron traqueidas escalariformes, reticuladas y posibles elementos de vaso en disociados del rizoma, mientras que en Michoacán sólo se encontraron traqueidas escalariformes (Figura 16 A-D). Asimismo las células del parénquima cortical presentan drusas en Hidalgo, mientras que en Michoacán están ausentes.

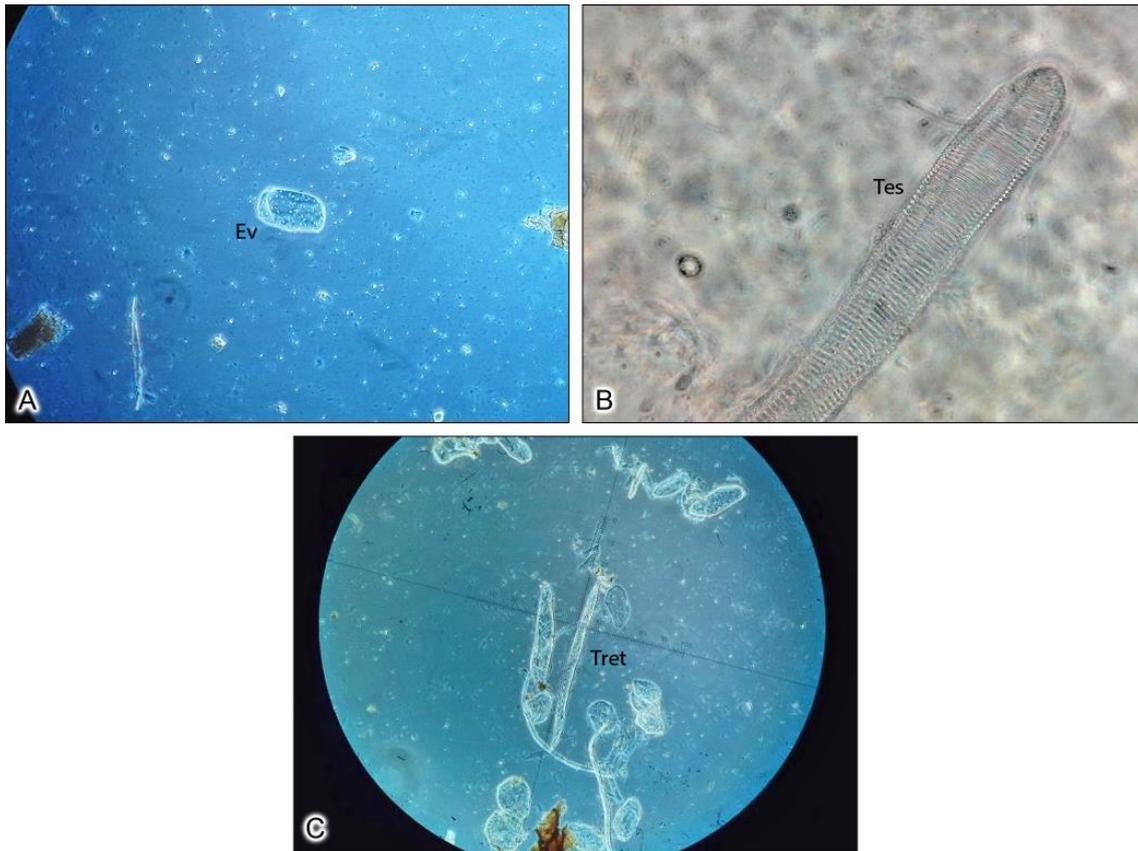


Figura 16. Elementos de xilema disociados. A. Elemento de vaso. B. Traqueida escalariforme. C Traqueidas reticuladas.

Las frondas vegetativas presentan diferencias, las colectas en Hidalgo son más anchas y tienen un menor número de pinnas respecto a las de Michoacán que son más angostas pero con un mayor número de pinnas; esto está relacionado con un menor tamaño del pecíolo en Michoacán, lo que incrementa la proporción del raquis que lleva más pinnas. Las pinnas de la hoja vegetativa entre ambas poblaciones son diferentes tanto en tamaño como en forma (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de caracteres morfológicos y anatómicos entre las muestras de *Plagiogyria* del estado de Hidalgo y Michoacán.

Carácter	Hidalgo	Michoacán
Raíz	Ovalada de 400× 800 μm	Cilíndrica, diámetro de 540 μm
Córtex	De 200-260 μm Parte exterior con 1-2 estratos de esclerénquima. Interior 4-6 estratos de parénquima. Haz vascular alargado. Mayor	160-220 μm. Zona exterior con dos estratos de parénquima, Interior con tres estratos de esclerénquima. Haz vascular circular, menor cantidad de

	cantidad de metaxilema.	metaxilema.
Rizoma	Cilíndrica a poligonal, de 5600-5800 $\mu\text{m}$	Forma ovalada, de 2700- 4000 $\mu\text{m}$
Meristela	Forma de arco, de 400-3000 $\mu\text{m}$	Forma de S y de arco, de 160-1200 $\mu\text{m}$
Traqueidas	Escalariformes, reticuladas y posibles elementos de vaso.	Escalariformes
Médula	Forma semicircular, de 1600-2000 $\mu\text{m}$	Semicircular. De 200-1300 $\mu\text{m}$
Base del pecíolo	Triangular, de 5000-5600 $\mu\text{m}$ , 3 haces vasculares	Triangular. 2800-3540 $\mu\text{m}$ , un haz vascular
Cortex	Tamaño de 760-1460 $\mu\text{m}$ ; de 4-10 estratos de esclerénquima. Protoxilema en el extremo y fuera del metaxilema	Tamaño 540-740 $\mu\text{m}$ . De 1-3 estratos de esclerénquima. Protoxilema en los polos y en la parte media del metaxilema
Parte media del pecíolo	Pentagonal, 3260-4200 $\mu\text{m}$ , con dos prolongaciones laterales en el lado adaxial.	Triangular redondeada con dos pequeñas alas redondeadas. De 4000-4600 $\mu\text{m}$
Cortex	De 360-840 $\mu\text{m}$ . Drusas en los límites del esclerénquima que rodean al haz vascular. Protoxilema en extremos e intercalado en el metaxilema	420-1200 $\mu\text{m}$ . Protoxilema fuera e intercalado en extremos del metaxilema.
Raquis	Forma irregular Diámetro de 1700-2640 $\mu\text{m}$	Pentagonal, diámetro de 3100-3200 $\mu\text{m}$
Cortex	De 160-800 $\mu\text{m}$	De 460-1600 $\mu\text{m}$
Ápice, forma y diámetro	Rectangular, de 1240-2060 $\mu\text{m}$	Triangular, de 1240-1700 $\mu\text{m}$
Cortex	Tamaño 400-1000 $\mu\text{m}$ . Esclerénquima de 2-10 estratos. Parénquima 3-6 estratos.	440-600 $\mu\text{m}$ Esclerénquima 1-4 estratos. Parénquima de 4-8 estratos.
Meristele	Forma de U	Forma de V
Periciclo	1-3 estratos	1-2 estratos
Floema	3-12 estratos	2-4 estratos
Metaxilema	1-2 estratos	1-2 estratos
Protoxilema	Intercalado y fuera del metaxilema	Intercalado y en los dos extremos del metaxilema
Lóbulos de la vena media en la hoja vegetativa	adaxial 500 $\mu\text{m}$ abaxial 340 $\mu\text{m}$	adaxial 200 $\mu\text{m}$ abaxial 200 $\mu\text{m}$
Estomas	2-4 hileras a lo largo de vénulas	1-2 hileras a lo largo de vénulas
Lóbulos de la vena media en la hoja fértil	adaxial 200 $\mu\text{m}$ abaxial 300 $\mu\text{m}$	Adaxial 260 $\mu\text{m}$ Abaxial 440 $\mu\text{m}$
Periciclo	Monoestratificado	1-2 estratos
Floema	De 2-4 estratos	De 2-4 estratos

Metaxilema	De 1-2 estratos	De 1-3 estratos
Protoxilema	Colateral	Fuera del metaxilema
Soros	3-5/senosoro en corte transversal	1-2/senosoro en corte transversal
Rizoma	2-3 cm	1-2 cm
Fronda Vegetativa	De 63-65 × 10-23 cm	36-66 × 11-18 cm
Pecíolo (cm)	De 11-20	11-31
Raquis (cm)	De 16-45	36-60
Pinnas	21-37 pares	42-78
Margen	Aserrado	Finamente aserrado
Pinnas basales	3.5-9 × 0.4-1.2 cm	4.5-5.5 × 0.3-0.5 cm
Pinnas medias	10-12.5 × 0.5-1.3 cm	7-11 × 0.6-1 cm
Pinnas apicales	0.5-3 × 0.1-0.5	0.4-0.5 × 0.2-0.3
Tricomas	Glandulares escasos, negros y pequeños en las pinnas apicales. Abundantes en las frondas juveniles.	Abundantes, glandulares, capitados, en vena media, en haz y en envés, perenes en la madurez
Fronda fértil	65-111 × 5-15 cm	38-66 × 8.5-11 cm
Pecíolo	18-60 cm	11-31 cm
Raquis	23-51 cm	46.6-52 cm
pinnas	24-39 pares	37-60 pares
Pinnas basales	3-7 × 0.1-0.7 cm	2-3 × 0.1-1.2 cm
Pinnas medias	4-11 × 0.2-0.8 cm	5-5.5 × 0.2 cm
Pinnas apicales	0.2-1.1 × 0.1-0.3 cm	0.1-0.5 × 0.2-1.5 cm

Anatómicamente las muestras de Hidalgo difieren de las de Michoacán por tener los pecíolos en su base que varían de triangulares a rómbicos con tres haces vasculares y dos pneumatóforos laterales; hacia la parte media el contorno se transforma en pentagonal, los tres haces tienden a unirse, el contorno presenta dos alas laterales de ápice agudo y con líneas de aereación, en el parénquima que rodea a los haces vasculares se presentan drusas; en la parte apical del mismo los haces vasculares tienen forma de U o de herradura y el contorno se vuelve irregular (la cara adaxial tiene una ligera protuberancia, dos prolongaciones laterales que flanquean a las láminas de las pinnas, y abaxialmente un par de prolongaciones que forman un surco central). En las muestras de Michoacán, el contorno de la base del pecíolo es similar al de Hidalgo, sin embargo, en estos se presenta un solo haz vascular con forma de V; la parte media es triangular redondeada con tres haces vasculares y dos pequeñas alas redondeadas, no se observan líneas de aereación; la parte apical del mismo con contorno pentagonal y un solo haz con forma de arco. Adicionalmente las dimensiones en corte transversal también son diferentes. A excepción

del trabajo de Ogura (1972), no se encontraron otros estudios previos sobre anatomía de pecíolo de *Plagiogyria*, y al comparar con las muestras de estudio con respecto a lo reportado por Ogura para *P. matsumariana* y *P. pycnophylla*, se observan diferencias tanto en el contorno del pecíolo como en la forma de los haces vasculares, lo mismo que la forma y tamaño de las alas (Figura 10A-E, Figura 14 y Figura 17).

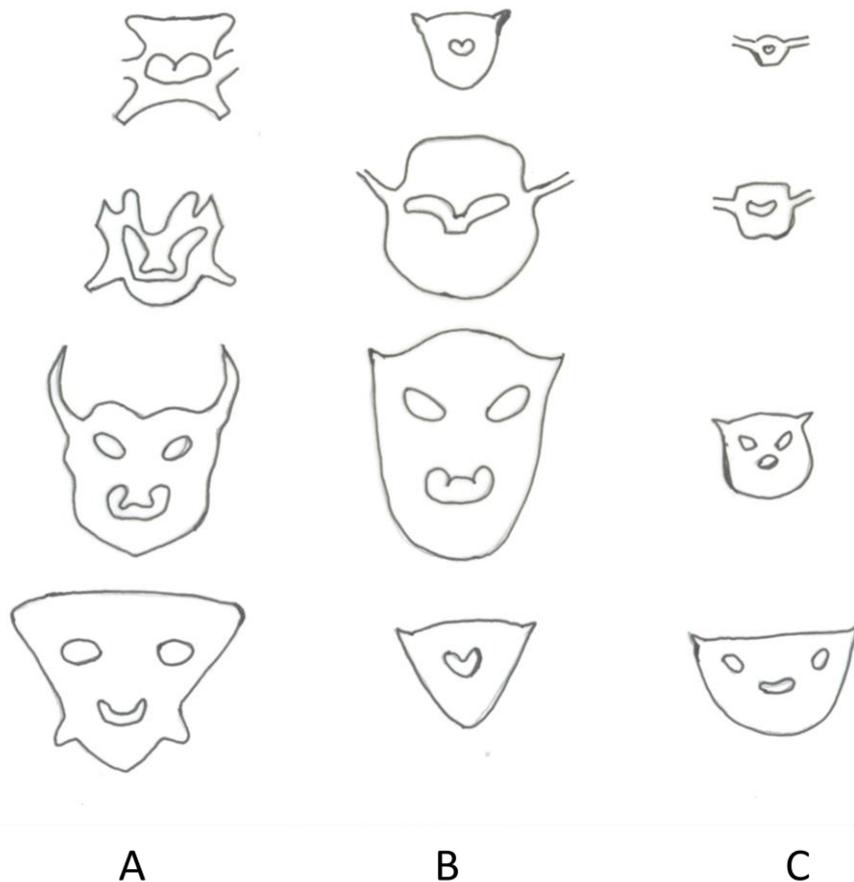


Figura 17. Esquema comparativo de los pecíolos de tres poblaciones de *Plagiogyria*. A. *P. pectinata* de Hidalgo, B. *P. pectinata* de Michoacán (aquí obtenidos) y C. *P. matsumariana* (de Japón, tomado de Ogura 1972).

El ápice del raquis también muestra diferencias, en la población de Michoacán es triangular con el haz vascular en forma de V; mientras que en el de Hidalgo tiende a ser rectangular con un haz vascular en forma de arco. Ogura (1972) reporta un ápice de raquis de contorno casi cuadrado y haz vascular en forma de arco para *Plagiogyria matsumariana*.

La vena principal de la hoja vegetativa en el lado adaxial es más prominente, mide 500  $\mu\text{m}$  en promedio y el lado abaxial 340  $\mu\text{m}$  en Hidalgo, mientras que en la de Michoacán mide 200  $\mu\text{m}$  en ambos lados. Los estomas son anomocíticos en ambos casos, pero en las hojas vegetativas de Hidalgo se presentan en 2-4 más o menos paralelas a las venas secundarias, mientras que en Michoacán forman de 1-2 hileras de estomas a lo largo de las venas secundarias.

La comparación de la hoja fértil entre las dos poblaciones de *Plagiogyria* también ofrece diferencias. En general las muestras de Hidalgo tienen frondas fértiles de mayores dimensiones que las mismas en Michoacán, sin embargo, el número de pinnas de ésta última supera con mucho a la de Hidalgo. Anatómicamente el periciclo que rodea al haz vascular es monoestratificado en el de Hidalgo, mientras que en Michoacán presenta de 1-2 estratos. En la población de Hidalgo se pueden observar un mayor número de soros que forman el senosoro (de 3-5 soros, cada uno con 3-18 leptosporangios en corte transversal) que en la población de Michoacán (con 1-2 soros con 6-12 leptosporangios cada uno en corte transversal).

## **Conclusiones**

Sí bien tanto la morfología como la anatomía de las especies pueden variar ligeramente tanto en el mismo individuo como entre e intra poblacionalmente, hay caracteres que se mantienen constantes y que permiten reconocer a un individuo como perteneciente a una especie o a un género; pero también hay otras características que varían lo suficiente como para poder interpretar que se trata de especies diferentes. Mickel y Smith (2004) reconocen sólo una especie de *Plagiogyria* en México, sin embargo, el análisis de los resultados obtenidos en este trabajo, y su comparación con otros estudios similares realizados previamente para otras especies asiáticas de *Plagiogyria*, sugieren la presencia de al menos dos especies de *Plagiogyria* en México. Se sienta así el antecedente de diferencias morfológicas y anatómicas entre estas dos poblaciones contribuyendo así al esclarecimiento de este controvertido género.

Sin embargo aún queda mucho trabajo por hacer antes de tomar una decisión más comprometida al respecto. Es necesario hacer estudios adicionales, particularmente con marcadores moleculares, con métodos filogenéticos e incluyendo un mayor número de poblaciones para poder asegurar así la presencia de más de una especie de este género en

nuestro país, y de confirmarse esta propuesta, el siguiente paso tendría que ser una revisión taxonómica de las especies del género previamente descritas para la región, reconocer aquellas que son válidas y ya tienen un nombre y/o nombrar aquellas que no han sido nombradas.

#### **LITERATURA CITADA**

Álvarez-Zúñiga, E., A. Sánchez-González, L. López-Mata y J. D. Tejero-Diez. 2012. Composición y abundancia de las pteridofitas en el bosque mesófilo de montaña de Tlachinol, Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 90(2): 163-177.

Bold, C. H., C. J. Alexopoulos y T. Delevoryas. 1987. *Morfología de las plantas y los hongos*. Ed. Omega. España. Pp. 911.

Carlquist, S. and E. C. Schneider: 2001. Vessels in ferns: Structural, Ecological and evolutionary significance. *American Journal of Botany* 88(1):1-13.

Cronquist, A. 1984. *Introducción a la Botánica*, 2a edición. CECSA. México. 848 pp.

Davidse, G., Sousa, S. M. y Knapp, S. 1995. Psilotaceae a Salviniaceae en: *Flora Mesoamericana*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 84-85.

Giudice E. G., M. L. Luna y M. A. Ganem. 2013. El género *Hymenasplenium* (Aspleniaceae) en Argentina. *Darwiniana*, nueva serie 1(1): 46-53.

Hasebe, M., M. Ito, R. Kofuji, K. Ueda, K. Iwatsuki. 1993. Phylogenetic relationships of ferns deduced from rbcL gene sequence. *J. Mol. Evol* 37: 476-482.

Hennipman, E. 1968. The mucilage secreting hairs on the young fronds of some leptosporangiate ferns. *BLUMEA*. 16(1): 97-103.

Hernández-Hernández, V.; T. Terrazas y K. Mehlter and G. Angeles. 2012. Studies of petiolar anatomy in ferns: structural diversity and systematic significance of the circumendodermal band. *Botanical Journal of the Linnean Society* 169(4): 596-610.

Hernández-Hernández, V.; T. Terrazas y K. Mehlter. 2007. Anatomía vegetativa de *Ctenitis melanosticta* (Dryopteridaceae, Pteridophyta). *Bol. Soc. Bot. Méx.* 80: 7 – 17.

Hernández, V., T. Terrazas y G. Ángeles. 2006. Anatomía de seis especies de helechos del género *Dryopteris* (Dryopteridaceae) de México. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 54(4): 1157-1169.

Judd, W. S., S. C. Campbell, A. E., Kellogg, F. P. Stevens, J. M. Donoghue. 2007. *Plant systematic a phylogenetic approach*. Third ed. Sinauer Assoc. USA. Pag 33.

Kramer, K. U. 1990. Plagiogyriaceae. In: Kubitzki, K. (Ed. Gral). *The families and genera of vascular plantas*. Springer Verlag. Berlin 1:201-203.

Lellinger, D. B. 1971. The american species of *Plagiogyria* sect. *Carinatae*. *American Fern Journal* 61(3): 110-118.

López, C. M. L., J. Márquez G., G. Munguía, S. 2005. *Técnicas para el estudio del desarrollo en angiospermas*. 178 pp.

Lujan, M. C., R. Moreno, G. E. Barboza. 2011. Estudios epidérmicos en helechos y licofitas medicinales en la Provincia de Córdoba, Argentina. *Hochnea* 38(4):609-659.

Martínez, G. O. and I. Vilte. 2012. The structure of petioles in *Pteris* (Pteridaceae). *American Ferns of Journal* 102(1):1-10.

Mendoza-Ruíz, A. y Pérez-García. B. 2009. *Helechos y Licopodios de México*. Vol. I. UAM-IZT. CONABIO. 287 pp.

- Mendoza, R. A. y Pérez, G. B. 2009. Helechos y Lycopodios de México. Vol. 1. UAMIZ. México. 287 pp.
- Mickel, T. S. y R. Smith. 2004. Las Pteridofitas de México. Ed. Board. The New York Botanical Garden Press. 466-467 pag.
- Morán, C. R. 2014. Neotropical Genera of Ferns and Lycophytes (A guide for students) the New York Botanical Garden. 149 pp.
- Muñíz Díaz de León, M. E. y F. de J. Eslava S. 2014. Monilophyta. En: S. Valencia A. (Ed.). Introducción a las Embriofitas, UNAM, México 183-215.
- Ogura, Y. 1972. Comparative anatomy of vegetative organs of the pteridophytes: In K. Linsbauer, G. Tischler & A. Pascher (eds.) Encyclopedia of Plant Anatomy. Gebrüder Bantraeger, Berlín Alemania. V. 7, 1-502 pag.
- Pacheco, L.; M. S. Mendoza, P. D. Silva y D. Granados. 2002. Estructuras mucilaginosas en helechos y plantas afines con énfasis en el género *Diplazium* (Woodsiaceae). UAM-I. Depto de Biología-Area de Botánica Estructural y Sistemática Vegetal. 56-60.
- Palacios-Rios, M. y M. García C. 1998. Fascículo 62, Plagiogyriaceae. En: Flora del Bajío y de Regions Adyacentes. INECOL, 5 pp.
- Pryer, M. K. Schuettpelz, E. Wolf, G. P. Schneider, H. Smith, R. A. and Cranfill, R. 2004. Phylogeny and Evolution of ferns (Monilophytes) with a focus on the Early leptosporangiate divergences. American Journal of Botany 91(19): 1582-1598.
- Pryer, M. K., A. R. Smith and J. E. Skog. 1995. Phylogenetic Relationships of Extant Ferns Based on Evidence from Morphology and rbcL Sequences. American Fern Society 85(4): 205-282.

Raven, H. P.; R. F. Everst, S. E. Echhorn. 2005. *Biology of plantas*. 7ª edición. Ed. W. H. Freeman and Company Publishers. 686 pp.

Riba, R. B. Pérez-García y A. Mendoza. 2002. *Plagiogyriaceae*. *Flora de México*. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. 6:1-7.

Ribeiro M. L., M Guerra Santos y N. Gómes Morales. 2007. Leaf anatomy of two *Anemia* SW. Species (*Schizaeaceae*-Pteridophyte) from a rocky outcrop in Niterói, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasil. Bot.* 30 (4): 695-702.

Sánchez-González, A., E. Álvarez Z. And J. D. Tejero-Díez. 2010. Tichness and distribution patterns of ferns and lycopods in Los Mármoles National Park, Hidalgo, Mexico. *The Journal of the Torrey Botanical Society*. 137(4): 373-379.

Sandoval, E. Z. 2005. *Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal*. Instituto de Biología, UNAM. 278 pp.

Schneider, L. E. And Carlquist, S. 1998. SEM studies on vessels in ferns. 9. *Dicranopteris* (*Gleicheniaceae*) and vessel patterns in *Leptosporangiate* ferns. *American Journal of Botany* 85(7):1028-1032.

SEMARNAT Y CONAFORT. 2011. *Estudio Regional Forestal UMAFOR de la Unidad de Manejo Forestal 1302. Vegetación de Zacualtipán en el estado de Hidalgo, Molango, Zacualtipan, 2011.*

Smith, R. A., K. M. Pryer, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider y P. G. Wolf. 2006. A classification for estant ferns. *TAXON* 55(3):705-731.

Srivastava, K. 2008. Epidermal features and petiolar anatomy of *Angiopteris erecta* (Forst.) Hoffm. (*Marattiaceae*: Pteridophyta). *Departament of Botany University of Allahabad India* 12:139-149.

Tejero D., J. D. y R. S. Aguilar, T. Terrazas, L. Pacheco. 2010. Arquitectura y anatomía foliar del complejo *Polypodium plesiosorum* sensu Moran (Polypodiaceae). *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58(3): 955-976.

Tejero, D. J. D. y Granillo, V. M. P. 2010. *Plantae*, Introducción al estudio de las plantas con embrión. Segunda edición. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, 303 pp.

Valencia, A. S. 2014. El origen de las embriofitas. En: Valencia A., S. (Ed.) *Introducción a las embriofitas*. UNAM, México. 87-106 pp.

Valencia, A. S., M. Martínez G., R. Cruz D., J. Jiménez R. y E. T. Rodríguez P. 2011. *Glosario ilustrado de embriofitas*. Las Prensas de Ciencias, México. 119 pp.

Velázquez, M. E. 2005. No. 24. Dicksoniaceae, Osmundaceae y Plagiogyriaceae. En: N. Diego y R. Fonseca (eds.), *Flora de Guerrero*. Las Prensas de Ciencias. 14-18.

White, R. A. 1974. Comparative anatomical studies of the ferns. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 61(2): 379-387.

Williams-Linera, G., M. Palacios-Rios and R. Hernández-Gómez. 2005. Fern richness, tree species surrogacy, and fragment complementarity in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation* 14: 119-133.

Wolf, G. P. Pryer, M. K. Smith, R. A. and Hasebe, M. 1998. Phylogenetic Studies of Estant Pteridophytes. In: Soltis D. E., P. S. Soltis & J. J. Doyle (Eds.). *Molecular Systematics of Plants II. DNA sequencing*. Kluwer Academic Publishers, USA. 541-556.

Wolf, P. G., S. D. Sipes, M. R. White, M. L. Martines, K. M. Pryer, A. R. Smith and K. Ueda. 1999. Phylogenetic relationships of the enigmatic fern families Hymenophyllopsidaceae and Lophosoriaceae: evidence from rbcL nucleotide sequences. *Plant Systematic and Evolution* 219:263-270.

Zhang, X. & H. P. Nootboom. 1998. A taxonomic revision of Plagiogyriaceae (Pteridophyta). *Blumea* 43: 401-469.