

**FLAVOPUNCTELIA Y PUNCTELIA (PARMELIACEAE,
ASCOMYCOTINA) DE NUEVA GALICIA, MÉXICO**

Por

ISELA LETICIA ÁLVAREZ BARAJAS

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

(Orientación en Sistemática Vegetal)

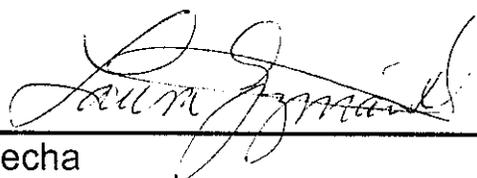
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS

2006

Aprobado por:

Director del Comité
Dra. Laura Guzmán Dávalos

Fecha





UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

DR. DANIEL A. F. VILLAGOMEZ ZAVALA
COORDINADOR DEL POSGRADO DEL CENTRO
UNIVERSITARIO CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por este medio comunico a usted que con fecha 2 de enero del 2006, se reunió la Junta Académica del Programa de Maestría en Ciencias Biológicas, para recibir la tesis de grado de la alumna **Isela Leticia Álvarez Barajas**.

Después de revisar el trabajo escrito y teniendo a la vista la constancia de calificaciones obtenidas por la alumna en los cursos correspondientes al mencionado programa de posgrado, la Junta Académica acordó lo siguiente:

1. Aceptar el trabajo de tesis titulado: **"FLAVOPUNCTELIA Y PUNCTELIA (PARMELIACEAE, ASCOMYCOTINA) DE NUEVA GALICIA, MÉXICO"**.
2. Avalar que el alumno ha concluido el plan de estudios del programa de posgrado y cumplido con los requerimientos administrativos necesarios para fijar día y hora del examen de grado.
3. Designar como miembros del jurado de examen a las siguientes personas:

Dra. Laura Guzmán Dávalos (Directora de tesis)
Dr. Jorge Alberto Pérez de la Rosa
Dra. María del Refugio Asunción Mora Navarro
M. en C. Martha Cedano Maldonado
M. en C. Luis Villaseñor Ibarra

4. Fijar como fecha de examen el día 12 de enero del 2006 a las 13:00 horas.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar al presente y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"Piensa y Trabaja"
Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 6 de enero del 2006.

Dra. Laura Guzmán Dávalos
Coordinadora del Posgrado en Ciencias Biológicas

Recibido
10 Enero/06
C. L. H.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE REUNION DE LA JUNTA ACADEMICA

En las instalaciones del Instituto de Botánica del Departamento de Botánica y Zoología del CUCBA, el día 2 de enero del 2006 a las 11:00 Hrs., se reunió la Junta Académica del Posgrado en Ciencias Biológicas con la finalidad de recibir la tesis de Maestría de la alumna **Isela Leticia Álvarez Barajas**, con Código **078221348** y revisar su expediente académico. Teniendo a la vista la hoja de registro de calificaciones de sus estudios de posgrado y revisado el escrito de su trabajo la Junta Académica

ACORDO:

1. Aceptar el trabajo de tesis intitulado "**FLAVOPUNCTELIA Y PUNTELIA (PARMELIACEAE, ASCOMYCOTINA) DE NUEVA GALICIA, MÉXICO**".
2. Avalar que la alumna ha concluido el plan de estudios del programa de Maestría en el Posgrado en Ciencias Biológicas y cumpliendo con los requerimientos administrativos necesarios para fijar día y hora del examen de grado.
3. Designar como miembros del jurado de examen a las siguientes personas:

Dra. Laura Guzmán Dávalos (Directora de tesis)

Dr. Jorge Alberto Pérez de la Rosa

Dra. María del Refugio Asunción Mora Navarro

M. en C. Martha Cedano Maldonado

M. en C. Luis Villaseñor Ibarra

4. Fijar como fecha de examen el día 12 de enero del 2006 a las 13:00 hrs., en la sala de Tesis del área de Posgrado del Centro Universitario, Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Sin más asuntos que tratar, se dio por concluida la reunión firmando de conformidad los miembros de la Junta Académica.

Dra. Laura Guzmán Dávalos
Presidenta de la Junta Académica

Dr. José Antonio Vázquez García
Vocal de la Junta Académica

Dr. Francisco Martín Huerta Martínez
Secretario de la Junta Académica

Dr. Eduardo Ríos Jara
Vocal de la Junta Académica

Recibido
10 Enero 2006
Eduardo

**“FLAVOPUNCTELIA Y PUNCTELIA (PARMELIACEAE,
ASCOMYCOTINA) DE NUEVA GALICIA, MÉXICO”**

Por:

ISELA LETICIA ÁLVAREZ BARAJAS

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(Orientación Sistemática Vegetal)**

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
2006

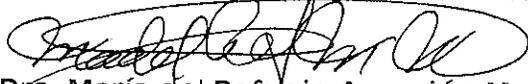
Aprobado por:


Dra. Laura Guzmán Dávalos
Director de Tesis

Enero 5, 2006


Dr. Jorge Alberto Pérez de la Rosa
Asesor del Comité Particular del estudiante

9 Enero 2006


Dra. María del Refugio Asunción Mora Navarro
Asesor del Comité Particular del estudiante

Enero 6, 2006


M. en C. Martha Cedano Maldonado
Sinodal

Enero 6, 2006


M. en C. Luis Villaseñor Ibarra
Sinodal

6 ENE 2006


Dra. Laura Guzmán Dávalos
Coordinadora del Posgrado en Ciencias Biológicas

Enero 10, 2006

DEDICATORIA:

*A mis pequeños soledios
Uriel Yair, Edgar Rogelio y Andrea Isela*

Agradecimientos

A la Dra. Laura Guzmán Dávalos por su amistad, tiempo e invaluable apoyo y paciencia en la realización de esta tesis. A los sinodales Dr. Jorge Alberto Pérez de la Rosa, M. en C. Martha Cedano Maldonado, Dra. María del Refugio Mora Navarro y M. en C. Luis Villaseñor Ibarra por su tiempo y la revisión crítica del trabajo. A la Dra. Margarita Villegas Ríos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México por su asesoría en el análisis de caracteres y elaboración de la matriz de datos.

Por el préstamo de material se agradece a los curadores de los herbarios nacionales y extranjeros: ASU, ENCB, H, HUAA, IBUG, O, US. Al Dr. André Fraiture del Jardín Botánico Nacional de Bélgica por proporcionar parte de la literatura utilizada en el capítulo 2.

Un especial agradecimiento al Dr. Thomas Nash III de la Universidad del Estado de Arizona por su invaluable contribución en el aprendizaje de las técnicas cromatográficas durante mi estancia en su laboratorio.

Se agradece a todas las personas que colaboraron de alguna forma en las recolectas de material en campo: M. en C. Conrado Soto Velazco, M. en C. Olivia Rodríguez Alcántar, Dra. Laura Guzmán Dávalos, Biól. María Herrera Fonseca, Biól. María del Refugio Sánchez Jacóme, Biól. Eduardo Fanti, Dr. Jorge Alberto Pérez de la Rosa y Dr. Teuvo Ahti.

Por la toma de fotografías en campo y de material herborizado se reconoce al Biól. Eduardo Fanti Echevoyen y a la Dra. Laura Guzmán Dávalos. Se le agradece a la Biól. Georgina Zarco Velasco su gran apoyo en la realización de parte de las microscopías del material estudiado. A María del Refugio Vázquez por la realización del dibujo de la figura 1. A todas aquellas personas de no aparecen en esta página pero que de alguna forma colaboraron en la realización de esta tesis, gracias.

A la familia Álvarez Barajas por confiar en mí, a la familia Soto Velazco por contar con ellos. Y finalmente, pero no por eso menos importante a mi esposo, compañero de hoy y siempre y a mis hijos Uriel, Edgar y Andrea por ser lo mejor de mí.

CONTENIDO

Lista de figuras y tablas.....	2
Resumen.....	3
Introducción.....	5
Objetivos.....	9
Antecedentes	
Descripción del grupo de estudio.....	10
Antecedentes del grupo de estudio.....	13
Capítulo 1. <i>Flavopunctelia</i> y <i>Punctelia</i> en Nueva Galicia	
Descripción del área de estudio.....	15
Materiales y métodos.....	19
Resultados y discusión.....	22
Clave dicotómica.....	22
Descripción de las especies.....	24
Capítulo 2. Estudio filogenético con caracteres morfológicos y químicos de <i>Flavopunctelia</i> y <i>Punctelia</i>	
Estudios filogenéticos en líquenes.....	42
Materiales y métodos.....	46
Resultados.....	50
Análisis de los caracteres y sus estados	50
Análisis filogenético.....	60
Discusión.....	62
Conclusiones.....	66
Literatura citada.....	67
Tabla 1	75
Tabla 2	77
Tabla 3	79

Lista de tablas y figuras

- Tabla 1. Especímenes estudiados para el análisis filogenético de *Flavopunctelia* y *Punctelia*.
- Tabla 2. Lista de los caracteres y estados de carácter utilizados en el análisis filogenético de *Flavopunctelia* y *Punctelia*.
- Tabla 3. Matriz de datos con caracteres morfológicos y químicos para *Flavopunctelia* y *Punctelia* y grupos externos.
- Figura 1. Partes de un talo líquénico.
- Figura 2. Pseudocifelas.
- Figura 3. Mapa de Nueva Galicia.
- Figura 4. Tipos de picnidiosporas.
- Figura 5. *Flavopunctelia flaventior*.
- Figura 6. *Flavopunctelia praesignis*.
- Figura 7. *Flavopunctelia soledica*.
- Figura 8. *Punctelia hypoleucites*.
- Figura 9. *Punctelia perreticulata*.
- Figura 10. *Punctelia rudecta*.
- Figura 11. *Punctelia subrudecta*.
- Figura 12. Asca y ascosporas de *Punctelia hypoleucites*.
- Figura 13. Sorolios marginales de *Flavopunctelia flaventior*.
- Figura 14. Árbol de consenso estricto obtenido por máxima parsimonia con siete taxa representantes del grupo interno (*Flavopunctelia* y *Punctelia*) y 13 taxa del grupo externo.
- Figura 15. Árbol de consenso de mayoría obtenido por máxima parsimonia con siete taxa representantes del grupo interno (*Flavopunctelia* y *Punctelia*) y 13 taxa del grupo externo.
- Figura 16. Árbol de consenso estricto obtenido por máxima parsimonia con todos los taxa estudiados del grupo interno (*Flavopunctelia* y *Punctelia*) y dos especies de *Diploschistes* como grupo externo.
- Figura 17. Árbol de consenso de mayoría obtenido por máxima parsimonia con todos los taxa estudiados del grupo interno (*Flavopunctelia* y *Punctelia*) y dos especies de *Diploschistes* como grupo externo.

INTRODUCCIÓN

Los líquenes son organismos duales compuestos por un hongo (micobionte), principalmente Ascomycete, y una alga (ficobionte), Cloroficea o Cianobacteria, que conviven de manera simbiótica en un cuerpo llamado talo (Álvarez *et al.*, 1988). Esta dualidad tan específica los hace muy resistentes a cambios bruscos de temperatura y humedad. Son cosmopolitas, ya que se les encuentra desde las zonas desérticas, hasta las zonas polares pasando por las regiones tropicales y templadas, en las cuales son muy abundantes. Su crecimiento es muy lento, pero con un periodo de vida muy largo, relacionado con la especie y el tipo de talo. Tienen la capacidad de controlar su actividad metabólica, de tal forma que en zonas extremas, pueden reducirla al mínimo y por lo tanto dejar de crecer, por lo que su tamaño de un año al otro en ocasiones no se ve incrementado (Honegger, 1996). Se estima que hay entre 13,500 a 20,000 especies de líquenes en el mundo, según el autor que lo mencione (Kirk *et al.*, 2001), y que en total estos organismos cubren el 8% de la superficie terrestre (Seymour *et al.*, 2005).

Se desarrollan sobre diversos substratos naturales, como la corteza de los árboles, ramas, suelo, musgo y roca, la cual degradan lentamente. Pero también pueden crecer sobre otros substratos como son plástico, cristal, telas y establecerse sobre algunas conchas e incluso sobre el caparazón de tortugas (Brodo *et al.*, 2001). La función de los líquenes de degradar la roca, los convierte en un eslabón indispensable en la formación de suelo. En un pedregal en donde no hay vegetación, uno de los primeros habitantes son los líquenes; su lento y arduo trabajo trae como consecuencia la aparición de hierbas, pequeños arbustos, para posteriormente se puedan establecer árboles. La degradación la llevan a cabo mediante acción mecánica y química, esta última gracias a los ácidos liquénicos (Herrera y Ulloa, 1990). Los ácidos liquénicos son específicos para cada especie o grupo de especies, por lo que tienen un gran valor taxonómico (Hale, 1970).

En diversas culturas los líquenes se han utilizado como remedios contra algunas enfermedades, en ceremonias, como alimento o cuando la comida escaseaba. Se ha comprobado que el ácido úsnico inhibe a las bacterias Gram positivas, además de tener propiedades como antihistamínico, espasmódico y antiviral, por lo que es usado comercialmente en cremas antisépticas. Los líquenes se utilizan también en la industria perfumera, en particular dos especies de líquenes, de las cuales se cosechan entre 8,000 a 10,000 toneladas anuales en el sur de Francia y Yugoslavia. De estas especies se obtiene un concentrado de olor dulce y agradable, que además resulta muy perdurable en la piel (Elix, 1996). El liquen llamado "iwatake" (hongo de roca) es recolectado en grandes cantidades en la montañas de Japón, y es consumido en sopas o ensaladas y considerado como una "delicatessen"; para su venta es deshidratado y empaquetado en pequeñas bolsas (Purvis, 2000). Aquí en México los Tarahumaras usan algunas especies de *Usnea* como catalizador para fermentar una bebida de maíz (Brodo *et al.*, 2001). Además, existen especies de líquenes que forman parte de la cadena alimenticia de los renos y caribúes en cierta época del año (Richardson y Young, 1977).

Los líquenes son muy sensibles a la contaminación ambiental, debido que ésta puede fragmentar el balance que existe entre los dos componentes en la simbiosis y romper la asociación; sin embargo, no todos los líquenes tienen la misma sensibilidad y no todos son susceptibles a los mismos compuestos contaminantes. De cualquier forma desde hace más de 20 años se han utilizado en estudios con diversos métodos para medir la contaminación, sobre todo en Norteamérica y Europa (Gries, 1996).

Los micobiontes de los líquenes están divididos taxonómicamente en tres clases, de las cuales la más común es la clase Ascomycetes (Tehler, 1996). Dentro de esta clase una de las familias mejor representadas es la Parmeliaceae Eschw., con 83 géneros y 2138 especies (Kirk *et al.*, 2001). Esta familia presenta

dos grupos, de acuerdo a la estructura de su corteza superior, la cual puede presentar una capa constituida por polisacáridos, llamada epicorteza. El primer grupo está constituido por los géneros con epicorteza porada, y el segundo por líquenes sin epicorteza o con epicorteza no porada. En este segundo grupo encontramos géneros con o sin pseudocifelas (Elix, 1993). Las pseudocifelas (figura 2) se observan como puntos blancos en la corteza superior; microscópicamente son tubos que se originan por la desintegración de la corteza superior del líquen (Hale, 1987). Al parecer la función de las pseudocifelas es facilitar el intercambio gaseoso y en algunas ocasiones son el precedente en la formación de los sorolios (estructuras de reproducción asexual) (figura 1) (Elix, 1993).

El talo o cuerpo del líquen puede ser heterómero (estratificado) u homómero (no estratificado). El talo estratificado es de consistencia coriácea y presenta capas bien definidas de cada uno de los componentes y corteza en ambas caras. En los talos no estratificados ambos componentes se encuentran dispersos, no hay capas definidas, generalmente no presentan corteza y son de consistencia gelatinosa. En ambos casos la reproducción la llevan a cabo asexualmente en conjunto los dos componentes, a través de isidios y sorolios. La reproducción sexual la realiza únicamente el hongo, mediante la formación de ascosporas en apotecios o peritecios, además el hongo puede formar picnidiosporas, de origen asexual, de las cuales no se sabe con exactitud la función que desempeñan. Los talos pueden además presentar una gran variedad de estructuras morfológicas, tales como las cifelas y pseudocifelas, o las rizinas que son órganos de sujeción. Estas estructuras se describen ampliamente en el capítulo 2 y se pueden apreciar en las figuras 1 y 2.

En el presente trabajo se hace un estudio de dos géneros de Parmeliaceae pseudocifelados: *Flavopunctelia* y *Punctelia*. La tesis consta de dos capítulos: el primero es una revisión de *Flavopunctelia* y *Punctelia* en la región de Nueva Galicia. Esta región geográfica se seleccionó por ser una zona

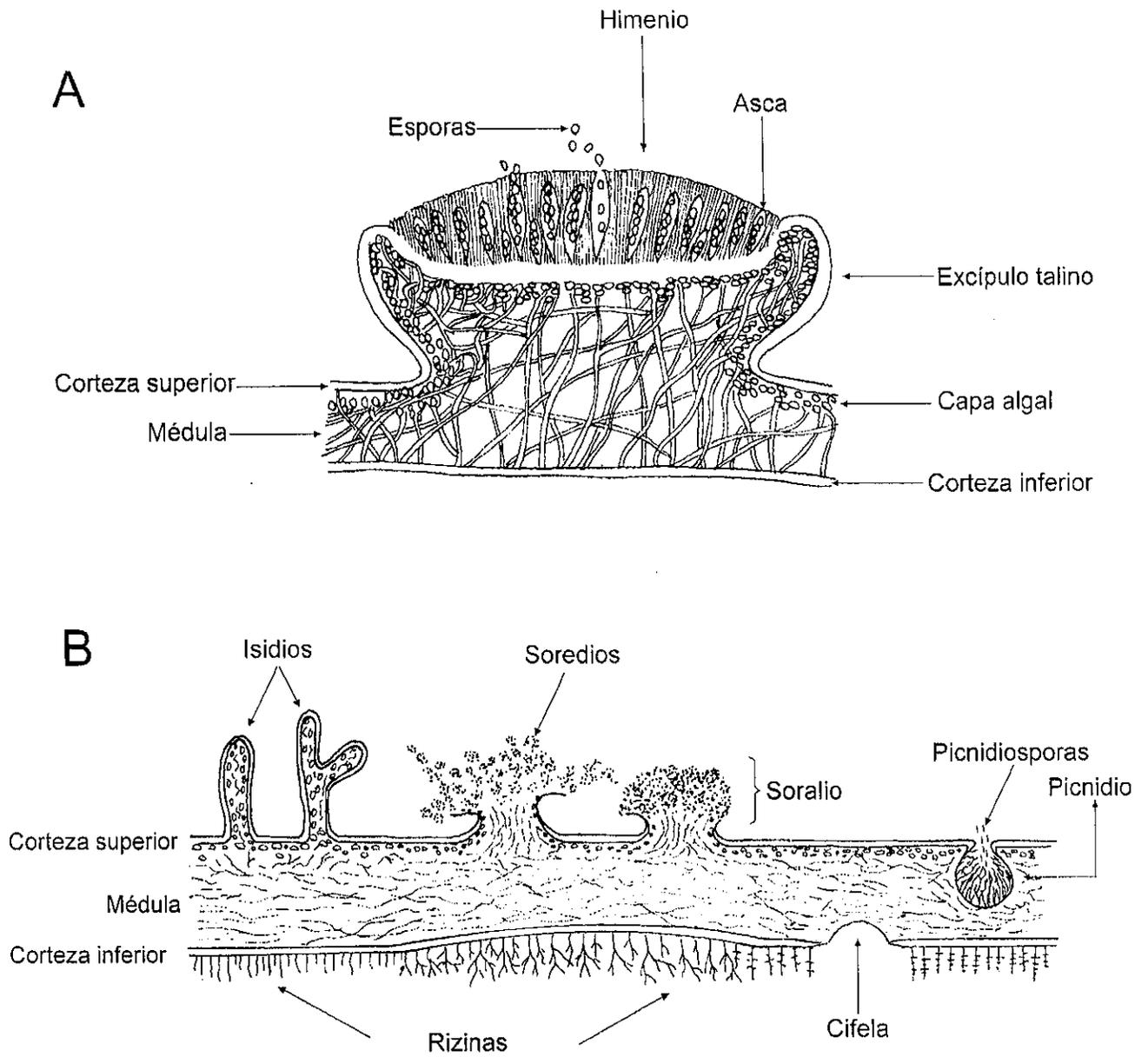


Figura 1. A.: Corte transversal de un apotecio y sus partes. B: Corte de un talo liquénico, con diversas estructuras.

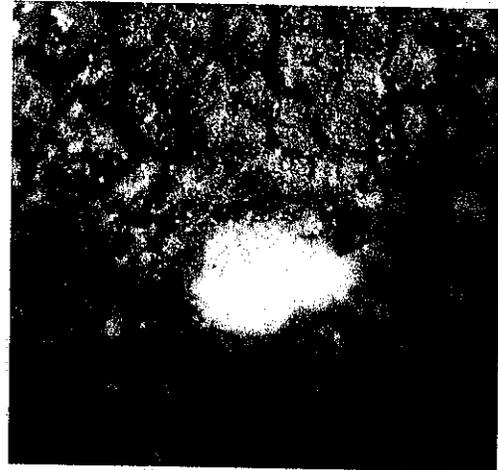
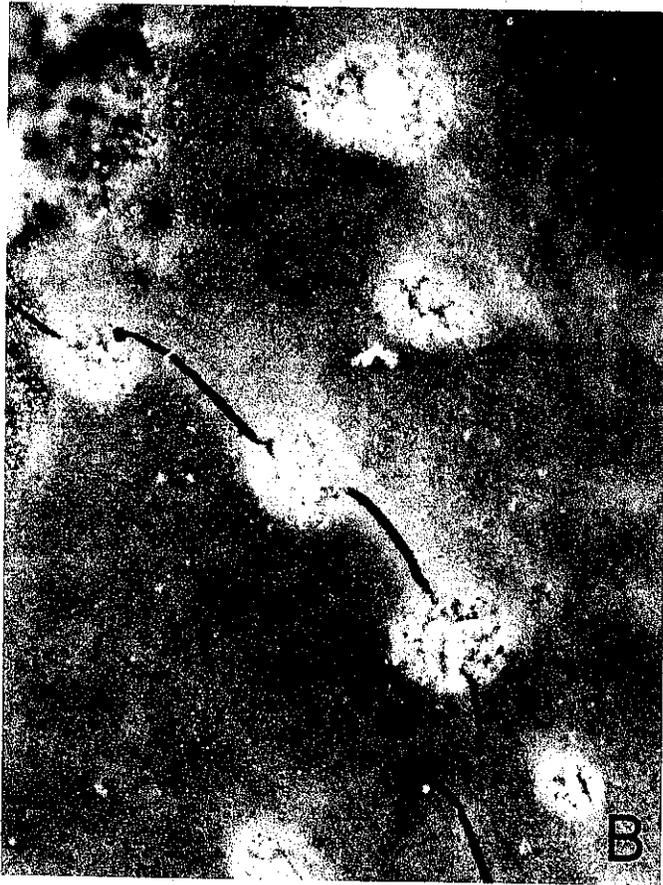
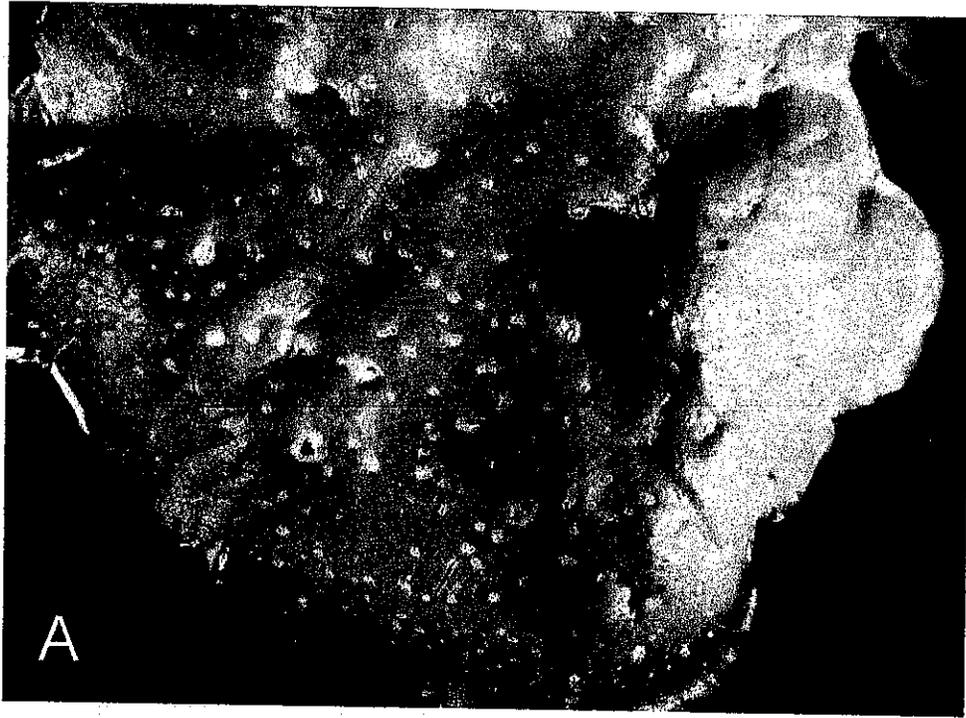


Figura 2. Pseudocifelas. A: lóbulo con pseudocifelas, B: acercamiento de pseudocifelas en el talo, C: apotecio con el excípulo talino con pseudocifelas, D: detalle de una pseudocifela del apotecio.

con límites más naturales que los estatales. La región incluye los estados completos de Aguascalientes, Colima y Jalisco, y parte de Durango, Guanajuato, Michoacán Nayarit y Zacatecas (Rzedowski y McVaugh, 1966). Se describen las especies de los dos géneros presentes en Nueva Galicia y se presenta una clave dicotómica de los géneros relacionados y de las especies estudiadas. El segundo capítulo se compone del estudio filogenético con datos morfológicos y químicos de *Flavopunctelia* y *Punctelia*, en el que se incluyen el estudio de sus caracteres morfológicos y el análisis filogenético con máxima parsimonia.

OBJETIVOS

1. Realizar un estudio taxonómico de los líquenes pseudocifelados de los géneros *Flavopunctelia* y *Punctelia* de la familia Parmeliaceae presentes en Nueva Galicia.
2. Elaborar una clave dicotómica de la especies de los géneros pseudocifelados presentes en Nueva Galicia.
3. Describir taxonómicamente las especies de *Flavopunctelia* y *Punctelia* de Nueva Galicia.
4. Analizar desde el punto de vista filogenético los caracteres morfológicos y químicos presentes en *Flavopunctelia* y *Punctelia*.
5. Definir las relaciones filogenéticas entre las especies de *Flavopunctelia* y *Punctelia*.

ANTECEDENTES

DESCRIPCIÓN DEL GRUPO DE ESTUDIO

PARMELIACEAE

Parmeliaceae Eschw. es una de las familias más importantes de los líquenes; está ubicada dentro del orden de los Lecanorales y cuenta con 2138 especies distribuidas en 83 géneros. Los integrantes de esta familia se caracterizan, básicamente, por presentar talo folioso o fruticuloso, con ambas superficies corticadas, algunas veces con pseudocifelas en la cara superior (figura 2), usualmente con rizinas en la cara inferior, con apotecios, sésiles o con un pequeño pie, de tipo lecanorino, con ascosporas pequeñas, sin septos, hialinas, con picnidios y picnidiosporas. Esta familia está liquenizada con algas verdes (Kirk *et al.*, 2001).

Actualmente la familia Parmeliaceae continúa con grandes cambios y segregaciones, de acuerdo a los estudios desarrollados recientemente con datos moleculares, que han permitido hasta cierto punto aclarar la situación sistemática de la familia, aun cuando persiste el desacuerdo entre algunos liquenólogos.

El género *Parmelia sensu lato* fue originalmente propuesto por Archarius en 1803 y comprendía un gran número de especies de crecimiento folioso con apotecios lecanorinos. Para finales del siglo XIX se desarrolló un concepto más específico, considerando características como crecimiento folioso con rizinas, apotecios laminares y ascosporas simples. Al mismo tiempo se inició un reconocimiento más claro de las amplias diferencias morfológicas dentro del género, lo que originó la segregación de diversos géneros. Recientemente, Hale en 1973 subdividió a *Parmelia sensu lato* en dos grupos, con base en la epicorteza presente en la corteza superior: un grupo con epicorteza porada, y

otro con epicorteza no porada que puede o no presentar pseudocifelas (Hale, 1987).

***Flavopunctelia* (Krog) Hale**

El género *Flavopunctelia* se caracteriza por su talo folioso, de lóbulos anchos, la cara superior verde-amarillenta, con pseudocifelas, aunque ausentes en *F. soledica* (Nyl.) Hale, con soralios laminares, marginales o ambos, y por presentar abundantes picnidios con el ostiolo bien marcado de color negro. Su médula es blanca y la cara inferior es negra, con una zona ancha en el margen de color café; sólo una especie, *F. darrowii* (J. W. Thomson) Hale, tiene toda la cara inferior de color café. Presenta rizinas en la cara inferior, en ocasiones inconspicuas, simples y negras. Sus apotecios son lecanorinos, con estípites y abundantes pseudocifelas en el excípulo talino. Sus ascosporas son elipsoides, hialinas y las picnidiosporas bifusiformes. Tienen ácido úsnico en la corteza y ácido lecanórico en la médula.

En el género *Flavopunctelia* se incluyen a las especies antes consideradas en el grupo de *Parmelia flaventior* Stirt. La taxonomía y distribución de este grupo fue descrita por Hale (1980), quien consideró cuatro especies: *Parmelia flaventior*, *P. darrowii* J. W. Thomson, *P. praesignis* Nyl. y *P. soledica* Nyl. Todas las especies son relativamente muy parecidas en su morfología. *Parmelia soledica* es la única que no presenta pseudocifelas y sus soredios son únicamente marginales, a diferencia de *P. flaventior* que presenta soredios laminares y marginales. *Parmelia darrowii* carece de soredios, pero tiene apotecios y la cara inferior de color café, a diferencia de *P. praesignis* que tiene la cara inferior negra, pero también carece de soredios y presenta apotecios.

Considerando que las características que diferenciaban el grupo de *Parmelia borrieri* (Sm.) Turner del de *P. flaventior* eran suficientes para integrar un nuevo género, Krog (1982) propuso el género *Punctelia*, en el cual incluyó al

grupo de *Parmelia borreri* como subgénero *Punctelia* y al grupo *Parmelia flaventior* como subgénero *Flavopunctelia*. Esta propuesta no fue aceptada por algunos autores. Por otro lado, Hale (1984) mencionó que las características químicas, el tipo de picnidiosporas y la estructura de las pseudocifelas son diferentes entre los dos subgéneros de Krog, por lo que propuso al grupo de *Parmelia flaventior* como un nuevo género, *Flavopunctelia*.

Posteriormente, se describieron *Flavopunctelia lobulata* Elix & Adler, muy parecida a *F. praesignis* (Nyl.) Hale, pero se diferencia de ésta por su hábitat terrícola y carecer de apotecios, y *F. borreroides* Kurok., que presenta soledios laminares de forma orbicular.

***Punctelia* Krog**

El género *Punctelia* se caracteriza por su talo folioso, de lóbulos delgados, la cara superior gris a color café claro, pseudocifelas muy conspicuas, soledios, isidios o picnidios; médula blanca y cara inferior de color café o negra, rizinas simples, negras; apotecios lecanorinos, laminares o submarginales; ascosporas elipsoides, hialinas y picnidiosporas unciformes, filiformes o bifusiformes. La corteza contiene atranorina o ácido úsnico y la médula ácido lecanórico, ácido girofórico o ácidos grasos.

El género *Punctelia* fue descrito por Krog (1982), considerando dos subgéneros: *Flavopunctelia*, que corresponde al grupo de *Parmelia flaventior*, y *Punctelia*, al grupo de *Parmelia borreri*. *Flavopunctelia* fue elevado a nivel de género por Hale (1984), con cuatro especies, tomando en cuenta la presencia de ácido úsnico en la corteza y las picnidiosporas bifusiformes. El resto de las especies quedan comprendidas dentro del género *Punctelia*. Sus características principales son la presencia de pseudocifelas en la cara superior, atranorina en la corteza superior y los picnidiosporas unciformes o filiformes. Hasta la fecha este género está conformado por aproximadamente 25 especie

ANTECEDENTES DEL GRUPO DE ESTUDIO

Los estudios de líquenes en México hasta la fecha han sido escasos, más sin embargo, existe un número elevado de trabajos realizados por extranjeros en donde de alguna forma incluyen material mexicano de diversos grupos, pero por otro lado sólo algunos autores, como Nylander (1858) y Hedrick (1935), han considerado especies de Parmeliaceae pseudocifeladas. En lo que se refiere a los trabajos realizados por mexicanos, que incluyen citas aisladas de especies pseudocifeladas de la familia Parmeliaceae, se encuentran los de Dávalos *et al.* (1972), Coutiño y Mojica (1982, 1985), Gómez-Peralta (1992) y Álvarez y Guzmán-Dávalos (1993). De los trabajos mexicanos mencionados sólo los dos últimos abarcan una parte de la localidad a tratar en esta tesis, por lo que resulta evidente la importancia de realizar un estudio mediante el cual se contribuya al conocimiento de los líquenes de Nueva Galicia. Los líquenes de esta región han sido estudiados además por Guzmán-Dávalos y Álvarez (1987) y Álvarez y Guzmán-Dávalos (1988); en éstos se abordan líquenes de diferentes familias como: Candelariaceae, Parmeliaceae (especies no pseudocifeladas), Physciaceae, Stictaceae y Usneaceae, entre otras.

Por otro lado, la mayoría de los trabajos de extranjeros que han abordado a especies de Parmeliaceae pseudocifeladas han sido de: África (Hale, 1971a; Krog y Swinscow, 1981; Brusse, 1984, 1985, 1986a, 1986b, 1994), Australia (Kurokawa y Filson, 1975; Kurokawa, 1985a), Asia (Kurokawa, 1968, 1984, 1985b, 1986, 1987) y de Estados Unidos (Anderson y Weber, 1962; Culberson, 1962; Hale y Kurokawa, 1964; Hale, 1965a, 1965b, 1971b, 1980, 1981, 1984, 1987; Esslinger, 1978; Wilhelm y Ladd, 1992). En América del Sur no todos los estudios son específicos de este grupo, pero consideran algunas especies (Vareschi, 1962; Hale, 1974; Stenroos, 1991; Sipman y van Aabel, 1992; Adler y Calvelo, 1993).

La familia Parmeliaceae ha sido objeto de estudios filogenéticos moleculares muy generales, como el de Elix (1993) y el de Mattsson y Wedin (1998) y estudios más específicos sobre algunos géneros de la misma familia como los mencionados posteriormente en el capítulo 2.

CAPÍTULO 1. *Flavopunctelia* y *Punctelia* en Nueva Galicia

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se delimitó siguiendo el criterio de McVaugh (1961) y Rzedowski y McVaugh (1966), que definen a Nueva Galicia como una área delimitada en forma natural, que sigue aproximadamente los límites de lo que en la época de la colonia fue el Virreinato de la Nueva Galicia. La región es una gran cuña con la base en el océano Pacífico, que se extiende al occidente-centro del país y que incluye en su totalidad a los estados de: Aguascalientes, Colima y Jalisco; en la región noroeste a parte de Nayarit y de Durango; hacia la región norte el sur de Zacatecas; en la región central-este una pequeña porción de Guanajuato, y hacia la región sur el noroeste de Michoacán. La superficie total es de aproximadamente 125,000 km² y su litoral de 500 km de largo. Dentro del territorio confluyen cinco unidades fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Eje Volcánico Transversal, Sierra Madre del Sur, Altiplanicie Mexicana y Depresión del Balsas (figura 3).

Rzedowski y McVaugh (1966) siguieron la nomenclatura propuesta por Gutiérrez Vázquez (1959), que de forma práctica distingue cuatro provincias fisiográficas para el estado de Jalisco y sus regiones adyacentes (región de Nueva Galicia): 1) Región de los Cañones; 2) Región de los Altos; 3) Región de las Cuencas Centrales, y 4) Región Montañosa y Declives del Pacífico.

La Región de los Cañones esta formada por un relieve escarpado, atravesado por el río Santiago, con cañones profundos, separados por serranías que corren de norte a sur, principalmente la Sierra Madre Occidental. La altitud es variable entre 500 y 2800 m, aunque en las partes inferiores del río Santiago llega hasta 200 m. La Región de los Altos forma parte de la Altiplanicie Mexicana; es una extensa llanura que va desde Ojuelos con 2200 m, hasta



Figura 3. Mapa de Nueva Galicia. La línea azul indica el territorio que abarca la región de Nueva Galicia.

Tepatitlán con 1600 m y que incluye algunos macizos montañosos aislados de hasta 2700 m. En cuanto la tercera, Región de las Cuencas Centrales, se caracteriza por presentar depósitos lacustres como los de Chapala, Sayula y Zacoalco, situados entre Guadalajara, Ameca, Zapotlán el Grande y Jiquilpan, separados por sierras de altitudes hasta de 3000 m. La última región que es la más diversa es donde confluyen la Sierra Madre Occidental, el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. Las elevaciones más altas son el Nevado de Colima con 4330 m y el Cerro Tancítaro de 3960 m. Esta región incluye también una porción de la Depresión del Balsas y algunas Planicies Costeras, entre las que destacan la del Valle de Banderas, la de Tomatlán y la de Tecomán (Rzedowski y McVaugh, 1966).

Hidrológicamente, más de la mitad del área de la Nueva Galicia pertenece a la cuenca Lerma-Santiago, que drena prácticamente toda la región de los Cañones, la de los Altos y en su mayoría la de las Cuencas Centrales. Sólo una pequeña parte de la región Montañosa y Declives del Pacífico pertenece a la cuenca del río Balsas y drena al océano Pacífico por medio de los ríos Ameca y Armería.

Los climas son muy diversos en el área de Nueva Galicia, esto se debe a su variada topografía. En las cumbres del Tancítaro y el Nevado de Colima se llega al límite de la vegetación arbórea. Hay ausencia de climas extremos húmedos y áridos, pero los hay en los contextos intermedios. Las estaciones térmicas no están bien definidas; sin embargo, hay dos estaciones hídricas muy marcadas. Las temperaturas pueden alcanzar un promedio anual de 29° C, en las zonas costeras son un poco mayores; en promedio se presentan entre los 25° C y 27° C y en las altitudes próximas a los 1600 m se mantiene un promedio anual de 20° C. En general las altitudes menores a los 1200 m están libres de heladas. Se presentan dos periodos muy marcados: el húmedo, de mayo a octubre en promedio, y el seco que dura de 5 a 8 meses. En las zonas más cálidas la temperatura máxima puede llegar a los 50° C en los meses más

calientes que son mayo o junio y entre 2.5° C y 10° C como temperaturas medias en el mes más frío que suele ser enero. La precipitación anual en la mayor parte de la zona de Nueva Galicia es entre 750 y 1000 mm. En lo que se refiere a la humedad relativa, ésta se mantiene entre el 50 y 70% en la mayor parte de la región. Según Gutiérrez Vázquez (1959) los climas que prevalecen en esta área son Cwag y Awg, aunque pueden presentarse Awgi, Cwa, BShwg, Cwbg, BSh'wg, Aw, Cweg y Et.

Dentro de esta zona Rzedowski y McVaugh (1966) distinguieron trece tipos de vegetación:

1. Palmar
2. Bosque tropical subdeciduo
3. Bosque tropical deciduo
4. Bosque espinoso
5. Matorral subtropical
6. Vegetación sabanoide
7. Zacatal
8. Matorral crasicaule
9. Bosque de pino-encino
10. Bosque mesófilo de montaña
11. Bosque de oyamel
12. Vegetación acuática
13. Manglar

La mayoría de los ejemplares de *Flavopunctelia* y *Punctelia* se recolectaron principalmente en bosque de pino-encino (o coníferas y encino), mesófilo de montaña, y tropical deciduo o caducifolio, por lo que a continuación se hace una breve descripción de éstos según Rzedowski y Equihua (1987). La nomenclatura del tipo de vegetación es también siguiendo a estos últimos autores.

Bosque tropical caducifolio

Este bosque se presenta en regiones con clima cálido y una larga temporada de sequía. Es relativamente bajo, con árboles que pueden tener copas de un diámetro igual o más que su altura; cuando las condiciones son naturales o de poco disturbio los árboles alcanzan entre 5 y 15 m de altura o más. Su distribución es propia de la vertiente pacífica del país, se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1900 m y cubre alrededor del 10 % de la superficie territorial en el país. Este bosque tiene dos fases predominantes: una con duración de 5 a 8 meses donde los árboles pierden las hojas casi en su totalidad; el resto del tiempo corresponde a la época de aguas o con restos de humedad. Sus representantes más comunes son algunas especies de: *Bursera*, *Ceiba*, *Ficus*, *Psidium* y *Pithecellobium*.

Bosque de coníferas y de encino

Está constituido por diferentes especies de pinos y de oyameles, solos o mezclados entre ellos o con especies de hoja ancha como encinos. Se ubica desde el nivel del mar hasta los 4000 m de altitud. Debido a la gran importancia forestal que representan los pinos, es muy común que los encinos queden solos, lo que constituye el bosque de encino o encinar. Éstos se conocen de casi todos los estados de la República Mexicana, y su distribución va desde el nivel del mar hasta los 3100 m. El bosque de coníferas y de encino se localiza en las regiones templadas y semihúmedas en las zonas montañosas del país. Aproximadamente el 20% del territorio nacional esta cubierto por este tipo de vegetación. Corresponde al bosque de pino-encino y bosque de oyamel de Rzedowski y McVaugh (1966).

Bosque mesófilo de montaña

Se desarrolla en áreas montañosas con clima templado y con mayor humedad, que frecuentemente presenten neblina gran parte del año, y menos frías que el bosque de coníferas, abarcando altitudes desde los 400 a los 2800 m. Tiene una cobertura de menos del 1% del territorio nacional. Es un bosque

denso, de 15 a 35 m de alto que puede llegar hasta los 60 m, de composición mixta, con árboles de hoja perenne y caduca, lianas y una gran variedad de orquídeas, helechos arborescentes, liquidámbar y magnolia, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se estudiaron 214 ejemplares recolectados en aproximadamente 45 localidades de la zona de estudio, además de 56 ejemplares de préstamo de material auténtico, tipos y diversos especímenes de los herbarios ASU (Universidad de Arizona), ENCB (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas), H (Botanical Museum, University of Helsinki), O (Botanical Garden and Museum, University of Oslo), US (Smithsonian Institution) y HUAA (Universidad Autónoma de Aguascalientes). Se revisó además el herbario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU); sin embargo, no se encontraron ejemplares de los géneros incluidos en este trabajo de la zona de estudio.

A partir de una búsqueda inicial en el herbario Micológico del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG), se realizaron recolectas en algunas zonas no representadas en el material de herbario, principalmente a los estados de Aguascalientes, Durango, Nayarit y Zacatecas. El material recolectado se procesó de acuerdo a las técnicas convencionales seguidas en liquenología (Hale, 1970, 1979; Brodo *et al.*, 2001), para posteriormente realizar su incorporación al herbario IBUG. Se revisaron las características macro y micromorfológicas, así como químicas, siguiendo los lineamientos establecidos por Hale (1970, 1979) y Brodo *et al.* (2001). De acuerdo a los autores antes mencionados se revisaron características macro y micromorfológicas, así como las químicas. En los caracteres morfológicos macroscópicos se observaron el color de la cara superior e inferior, la presencia o ausencia, tamaño, color, forma y posición de los apotecios, isidios, soralios, pseudocifelas, picnidios y rizinas.

En las características microscópicas se consideraron el tamaño y forma de las ascosporas y el tamaño y forma de las picnidiosporas; estas últimas se tomaron siguiendo los tipos establecidos en Krog (1982) (figura 4). Las preparaciones del talo, apotecios y picnidios se elaboraron en hidróxido de potasio (KOH) al 3% y se observaron al microscopio óptico con los objetivos 40X y 100X.

Para las características químicas se realizó la prueba de color en corteza y médula, utilizando hidróxido de potasio (K) e hipoclorito de sodio (C), de acuerdo a Hale (1979). Además para una determinación específica de los ácidos líquénicos se hizo cromatografía de capa fina (TLC), en particular de ejemplares dudosos, siguiendo la metodología de Culberson (1972) y Lumbsch (2002). Se usaron materiales auténticos en los que ya se tenían determinados los ácidos líquénicos, como referencia para comparar con el corrimiento de los ácidos líquénicos de las muestras. Se determinaron los especímenes, se hicieron descripciones de los taxa considerados y se elaboraron claves específicas de los géneros estudiados y de los afines, así como de las especies presentes en Nueva Galicia.

Los trabajos que se usaron en la determinación de las especies se describen brevemente a continuación. Culberson (1962) estudió la taxonomía de los grupos de *Parmelia bolliana* y de *P. borrieri*, en donde realizó una comparación entre ambos grupos y presentó una clave para las 12 especies que incluyó. Hale (1965a) hizo una monografía sobre el género *Parmelia* subgénero *Amphigymnia*. Hale (1965b) estudió el grupo de *Parmelia borrieri*, realizó algunos cambios nomenclaturales, presentó una clave y la descripción de 10 especies. Hale (1979) hizo una guía ilustrada, con una clave general para los líquenes, con descripciones, distribución de las especies, además de dibujos y fotografías. Hale (1980) presentó la taxonomía y distribución del grupo de *P. flaventior*, compuesto de cuatro especies. Hale (1984) describió a *Flavopunctelia* como género independiente. Hale (1987) hizo una monografía del género *Parmelia*, con antecedentes de la familia y descripción detallada de todas las

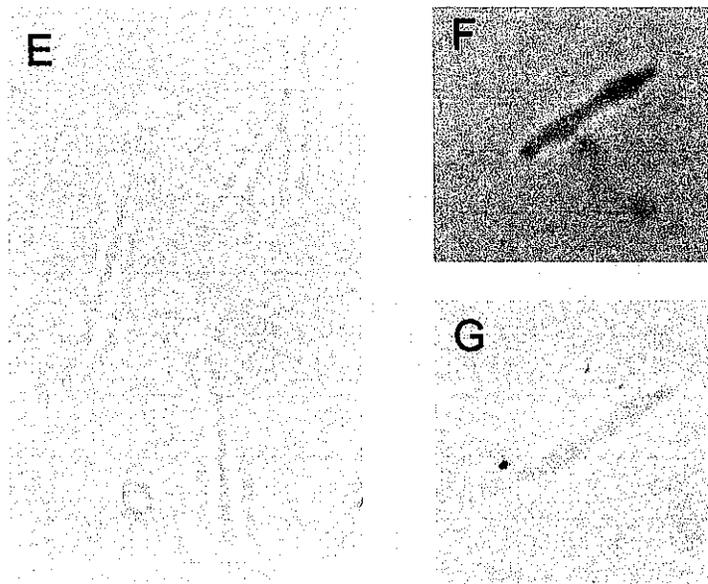
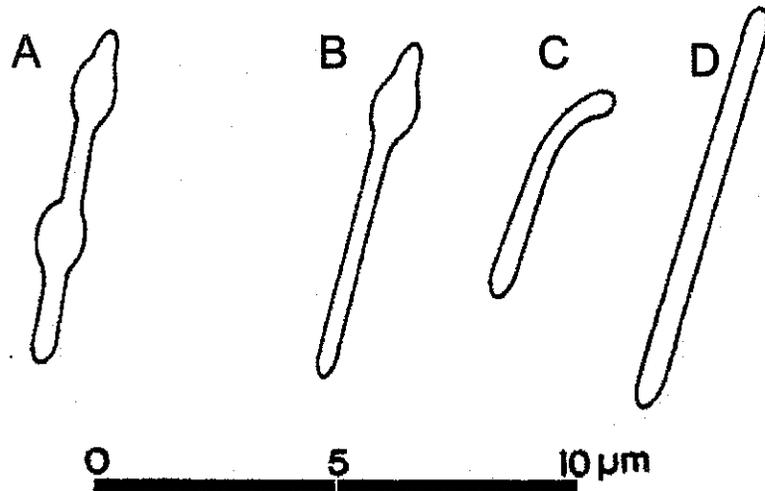


Figura 4. A-D: Tipos de picnidiosporas, modificado de Krog (1982); A: bifusiforme, B: sublageniforme, C: unciforme, D: filiforme. E-G: picnidiosporas en KOH al 3% en 100X; E: filiformes (*Punctelia hypoleucites*, M.L. Fierros 915), F-G: bifusiforme (*Flavopunctelia praesignis*, C. Ortiz et al. s.n.).

características morfológicas del género, además de la clave y la descripción de las especies, así como su distribución. Este trabajo sirvió para el análisis de las características morfológicas del grupo de estudio, principalmente de la corteza. Krog y Swinscow (1977) trataron diez especies del grupo de *Parmelia borrieri* en África, con la descripción de las especies y clave. Krog (1982) describió las características de los grupos de *P. borrieri* y *P. flaventior*, presentó la descripción del género *Punctelia* y del subgénero *Flavopunctelia*, mencionó las especies que componen este género con una clave de las mismas, además ilustró las formas de las picnidiosporas para las especies estudiadas. Sérusiaux (1984) describió una nueva especie, *Punctelia colombiana* Sérusiaux. Galloway (1985) escribió un libro sobre los líquenes de Nueva Zelanda, en donde incluyó los géneros considerados en esta tesis. Elix y Adler (1987) describieron una nueva especie, *Flavopunctelia lobulada* Elix & Adler. Wilhelm y Ladd (1987) detallaron información morfológica y de hábitat de dos especies que se habían considerado como una sola y las establecen como independientes. Swinscow y Krog (1988) escribieron un libro que trató sobre las especies de líquenes de África con descripciones y clave de los géneros y las especies. Adler y Ahti (1996) realizaron un estudio sobre *Punctelia perreticulata* (Räsänen) G. Wilh. & Ladd y *P. subrudecta* (Nyl.) Krog, considerando materiales de diferentes partes del mundo, con base en las diferencias de las picnidiosporas. Kurokawa (1999) describió cuatro especies nuevas, entre ellas *Flavopunctelia borrierioides* Kurok. y *Punctelia diffractaica* Kurok. Por otro lado, Longán y colaboradores (2000) hicieron un estudio comparativo entre *Punctelia borrieri* (Sm.) Krog, *P. perreticulata* y *P. subrudecta*, considerando las características morfológicas, químicas y tamaño de las picnidiosporas. Brodo y colaboradores (2001) realizaron un libro sobre las especies de líquenes de Norteamérica, con características generales de los líquenes, descripción, claves. Nash y colaboradores (2002) presentaron un libro sobre las especies de líquenes de la zona del desierto de Sonora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del estudio de 214 especímenes recolectados en la zona de Nueva Galicia se encontraron en total siete especies de líquenes pseudocifelados de los géneros *Flavopunctelia* y *Punctelia*, que se listan a continuación y se describen más adelante.

- *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale
- *F. praesignis* (Nyl.) Hale
- *F. soledica* (Nyl.) Hale
- *Punctelia hypoleucites* (Nyl.) Krog
- *P. perreticulata* (Räsänen) G. Wilh. & Ladd
- *P. rudecta* (Ach.) Krog
- *P. subrudecta* (Nyl.) Krog

CLAVE DICOTÓMICA

Clave para géneros pseudocifelados

1a Color de la cara superior café oscuro o café-oliváceo	<i>Melanelia</i>
1b Cara superior de otro color.....	2
2a Cara superior gris.....	3
2b Cara superior verde-amarillenta.....	4
3a Cara superior con pseudocifelas que forman una red o con máculas	<i>Parmelia</i>
3b Cara superior con pseudocifelas aisladas y sin máculas	<i>Punctelia</i>
4a Cara superior marcadamente arrugada, sobre todo en las partes más viejas, sin pseudocifelas.....	<i>Flavoparmelia</i>
4b Sin las partes viejas arrugadas, con pseudocifelas.....	5

- 5a Apotecios usualmente perforados, picnidiosporas filiformes. Con atranorina presente en la corteza superior.....*Cetrelia*
- 5b Apotecios no perforados, picnidiosporas bifusiformes. Con ácido úsnico presente en la corteza superior*Flavopunctelia*

Clave para especies de *Flavopunctelia* de Nueva Galicia

- 1a Cara superior del talo con abundantes apotecios en forma de copa, de hasta 20 mm de diámetro.....*F. praesignis*
- 1b Sin apotecios.....2
- 2a Cara superior del talo cubierta de abundantes soralios marginales y laminares; con pseudocifelas.....*F. flaventior*
- 2.b Cara superior del talo cubierta con abundantes soralios exclusivamente marginales en forma de media luna; sin pseudocifelas*F. soredica*

Clave para especies de *Punctelia* de Nueva Galicia

- 1a Cara superior del talo con apotecios en forma de copa de hasta 15 mm de diámetro.....*P. hypoleucites*
- 1b Sin apotecios.....2
- 2a Con soralios.....3
- 2b Con isidios.....*P. rudecta*
- 3a Con pruina en los ápices de los lóbulos*P. perreticulata*
- 3b Ápices de los lóbulos muy brillantes sin pruina.....*P. subrudecta*

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

Flavopunctelia flaventior (Stirt.) Hale, Mycotaxon 20: 682, 1984.

= *Parmelia flaventior* Stirt., Scot. Nat. 4: 254, 1877-78.

Figura 5

Talo folioso, de hasta 20 cm de diámetro, ligeramente adherido al sustrato. Cara superior verde-amarillenta, en talos secos y viejos puede cambiar a color café-verdoso obscuro; con el centro algo rugoso y agrietado; con pseudocifelas irregulares, muy conspicuas, abundantes, principalmente hacia los ápices de los lóbulos; soralios presentes, en ocasiones cubriendo gran parte de los márgenes de los lóbulos y en la lámina, de forma capitada; soledios granuloso a polvorientos; puede o no tener apotecios; con picnidios más o menos abundantes, por lo general más hacia los márgenes. Lóbulos de 3-10 (-15) mm de ancho, redondeados y anchos. Médula blanca. Cara inferior negra brillante, con escasas rizinas negras, simples, con una zona marginal desnuda de color café hacia el borde de los lóbulos. Apotecios raros, cortamente estipitados, himenio de color café, margen grueso, con pseudocifelas en el excípulo talino. Picnidiosporas de 6.4-7.2 (-8) X 0.8 μ m, bifusiformes, hialinas. Alga verde. Reacciones químicas: médula C+, KC+ rojo. Con presencia de ácido lecanórico.

Hábitat: Sobre corteza de encino, en bosques de pino, encino y pino-encino.

Material estudiado: AGUASCALIENTES: Municipio Calvillo, Mesa Montoro, alt. 2379 m, M.E Serafín s.n. (HUAA). JALISCO: Municipio Atotonilco, Los Sabinos carretera a la Piedad, 2 km al E de Atotonilco el Alto, alt. 1550 m, L. González Villarreal 3023 (IBUG); Municipio Concepción de Buenos Aires, 3 km al este de Concepción de Buenos Aires, alt. 1950 m, R. Ornelas s.n. (IBUG); Municipio Huejuquilla el Alto, Carretera Huejuquilla-Valparaíso, alt. 2150 m, I. Álvarez 1348 (IBUG); Municipio Jalostotitlán, km 2.5 al cruce de Matagorda, carretera Guadalajara-Jalostotitlán-San Juan de los Lagos, O. Rodríguez 2301-A (IBUG);

Municipio La Manzanilla de la Paz, km 6 camino La Manzanilla de la Paz-Mazamitla, alt. 1850 m, F. Trujillo 821-A (IBUG); Municipio Mazamitla, alrededores de Mazamitla, alt. 2160 m, L. Guzmán-Dávalos 3771 (IBUG); Municipio Mezquitic, entre Mezquitic y Monte Escobedo, alt. 2070 m, I. Álvarez 1365 (IBUG); alrededores de San Andrés Cohamiata, alt. 1850 m, L. Guzmán-Dávalos 6708 (IBUG); Municipio Mixtlán, km 45 carretera Ameca-Mixtlán, alt. 1490 m, L. Guzmán-Dávalos 6544 (IBUG); Municipio Tapalpa, 4 km después de Tapalpa, brecha al DIF, Y. Alquiciras 126 (IBUG); Municipio Tecalitlán, Agua de la Virgen, km 27 brecha Tecalitlán-Jilotlán, Sierra del Halo, alt. 2100 m, L. Guzmán Dávalos 2316 (IBUG); Municipio Tecolotlán, km 18 brecha entre Tecolotlán y Quila, alt. 1900 m, H. Fierros 10 (IBUG); Municipio Tequila, km 5-7 de la brecha a la estación de microondas Norte, Volcán de Tequila, M. Garza 176 (IBUG); km 12 a 13 de la brecha a la estación de microondas Norte, Volcán de Tequila, alt. 2170-2250 m, O. Rodríguez 163-A (IBUG); antenas de microondas, km 20 brecha de Tequila, Volcán de Tequila, alt. 2800 m, L. M. Villarreal s.n.(a) (IBUG); Municipio Zapopan, Lado W de Cerro El Atravesado, N de Tesistán, alt. 1700-1800 m, G. Guzmán 18506 (ENCB); 6 km al S de la Primavera, Bosque La Primavera, alt. 1570 m, L. Guzmán-Dávalos 3076 (IBUG); camino a San Isidro Mazatepec, Bosque La Primavera, alt. 1650 m, A. Loeza 19, 22 (IBUG); N. Carrillo 1-A (IBUG); S. Núñez 6 (IBUG); G. Rodríguez 3 (IBUG); M Rivera 2-D (IBUG); Municipio Zapotlán el Grande, km 2-3 de la brecha El Floripondio-Estación de Microondas, Nevado de Colima, I. Álvarez 584 (IBUG); km 120 carretera Guadalajara-Autlán, El Mirador, alt. 1650 m, I. Álvarez 608 (IBUG). ZACATECAS: El Teul de González Ortega, I. Álvarez 25 (IBUG); Municipio Yahualica, Ocotes de Moya, 6.5 km después de Apozol, km 45 carretera Tepatitlán-Yahualica, alt. 1730 m, L. Guzmán-Dávalos 6220 (IBUG).

Observaciones: Esta especie es muy similar a *Flavopunctelia soledica* (Nyl.) Hale y a *F. praesignis* (Nyl.) Hale, se diferencia de la primera por que presenta soralias marginales y laminares; *F. soledica* tiene únicamente soralias marginales y *F. praesignis* es de aspecto muy similar pero sin soralias y con

apotecios. Todas las especies mencionadas presentan la cara inferior negra con margen color café desnudo. También se ha descrito *F. borrierioides* Kurok. con soraliros marginales y laminares de forma orbicular y con hábito saxícola o cortícola. *Flavopunctelia flaventior* es un liquen muy común sobre corteza, en ocasiones asociado con *F. praesignis* y algunas epifitas.

F. flaventior según Hale (1980) se distribuye en Norteamérica, Alpes Europeos, el oeste y sur de África, México, en los Andes en América del Sur y en Asia Oriental. De México fue citada anteriormente por Gómez-Peralta (1992) de Michoacán, por Bernabé González (1977) de Guerrero, Castorena (1981) de Puebla y por Coutiño y Mojica (1985) de Veracruz. Hale (1980) la citó sin localidad precisa, pero en su mapa de distribución están marcados varios estados, entre ellos Aguascalientes, Colima, Jalisco y Zacatecas. De los estados que restan que comprende el área de estudio, Durango y Nayarit, no se obtuvo material en las recolectas en Nueva Galicia.

Flavopunctelia praesignis (Nyl.) Hale, Mycotaxon 20: 682, 1984.

= *Parmelia praesignis* Nyl., Bull. Soc. Linn. Norm, sér. 2, 6: 270, 1873.

Figura 6

Talo folioso, de hasta 25 cm de diámetro, ligeramente adherido al sustrato. Cara superior verde-amarillenta, en talos secos y viejos puede cambiar a color café-verdoso oscuro, en algunos ejemplares con manchas negras en la lámina; con el centro algo rugoso y agrietado; con pseudocifelas irregulares, muy conspicuas, abundantes, principalmente hacia los ápices de los lóbulos más jóvenes; sin soraliros, sin isidios, con apotecios; con picnidios más o menos abundantes, generalmente cercanos a los márgenes. Lóbulos de 3-12 mm de ancho, redondeados y anchos. Médula blanca. Cara inferior negra brillante, con algunas rizinas negras principalmente hacia el centro, simples y cortas, con una zona marginal desnuda de color café hacia el borde de los lóbulos. Apotecios de

1-20 mm de diámetro, abundantes, en forma de copa profunda, con pie corto, con el himenio de color café-rojizo, margen grueso, con abundantes pseudocifelas en el excípulo talino. Ascosporas de 13.6-15.2 X 8-9.6 μm , elipsoides, sin septos, de pared lisa y delgada, hialinas, 8 por asca. Picnidiosporas de 6.4-8 X 0.8 μm , bifusiformes, hialinas. Alga verde. Reacciones químicas: médula C+, KC+ rojo. Con presencia de ácido lecanórico.

Hábitat: Sobre corteza de encino, en bosques de encino, mesófilo de montaña, pino y pino-encino.

Material estudiado: JALISCO: Municipio Atenguillo, Los Guayabos, I. Álvarez 22 (IBUG); Municipio Mazamitla, alrededores de Mazamitla, alt. 2160 m, J. M. Chávez 29 (IBUG), M. Hernández 26 (IBUG), M. Juárez 34 (IBUG); Municipio Tapalpa, El Paso de las Mulas, afuera de Attaco, E. Gándara 66 (IBUG); a 2 km de Tapalpa, Los Espinos, C. Ortiz *et al.* s.n. (IBUG); 4 km antes de llegar a Tapalpa, alt. 1950-2100 m, A. Loeza 287, 385 (IBUG); Las Piedrotas, cerca de Tapalpa, L. Guzmán-Dávalos 1462 (IBUG); Sierra de Tapalpa, I. Iñiguez s.n. (IBUG); Municipio Tequila, km 19 brecha Tequila-estación de microondas, Volcán de Tequila, alt. 2800 m, L. Guzmán-Dávalos 4490 (IBUG); Municipio La Manzanilla de la Paz, km 6 camino La Manzanilla de la Paz-Mazamitla, alt. 1850-1950 m, F. Trujillo 851 (IBUG); Municipio Tecolotlán, El Mirador, Quililla, al SW de Cocula, alt. 1775 m, L. M. V. de Puga s.n. (IBUG); Municipio Mezquitic, entre Mezquitic y Monte Escobedo, alt. 2070 m, I. Álvarez 1371 (IBUG); 6 km antes de San Andrés Cohamiata, camino Huejuquilla-San Andrés Cohamiata, alt. 1870 m, L. Guzmán Dávalos 6811, 6817 (IBUG); Municipio, Sayula, Rancho Villa Maria Guadalupe, Carretera Sayula-San Gabriel, M. Preciado Pinedo 8 (IBUG); Municipio San Diego de Alejandría, km 7.5 antes del pueblo de San Diego de Alejandría, (1.5 km del entronque del Vallado), alt. 1884 m, O. Rodríguez 2326 (IBUG); Municipio San Sebastián del Oeste, La Virgencita, 22 km antes de San Sebastián brecha Mascota-San Sebastián, I. Álvarez 147 (IBUG); km 2 brecha la Virgencita-Real Alto, alt. 2000 m, L. Guzmán-Dávalos 8733 (IBUG); Municipio

Tequila, Alrededores de Tequila, S. L. García 3 (IBUG); km 12 a 13 de la brecha a la estación de microondas Norte, Volcán de Tequila, alt. 2170-2250 m, O. Rodríguez 163-B (IBUG); km 19 de la brecha a la estación de microondas, Volcán de Tequila, alt. 2740 m, M. Garza 709 (IBUG); antenas de microondas, km 20 brecha Tequila-Volcán de Tequila, alt. 2800 m, L. M. Villarreal s.n. (IBUG); base de la Tetilla del Volcán de Tequila, alt. 2700 m, R. Soltero s.n. (IBUG); Municipio Tlajomulco de Zúñiga, Vertiente N del Cerro Viejo, Arroyo de Aguas, alt. 2400 m, J. Rzedowski 27520-B (ENCB); Municipio Tuxpan, Barranca del Cinique, M. González s.n. (IBUG); Municipio Villa Hidalgo, km 20 carretera Teocaltiche-Villa Hidalgo, L. Guzmán-Dávalos 8884 (IBUG); Municipio Zapopan, Bosque Los Colomos, García García 42 (IBUG); camino a San Isidro Mazatepec, Bosque La Primavera, alt. 1650 m, A. Loeza 11 (IBUG); Municipio Zapotlán el Grande, Nevado de Colima, ladera NO, alt. 3500 m, J. Toscano 8 (IBUG); El Floripondio, Nevado de Colima, alt. 2255 m, A. Loeza 240, 253, 257, 272, 274 (IBUG), J. A. Ramos Rodríguez 9 (IBUG), L. Guzmán-Dávalos 7142 (IBUG); El Floripondio, carretera Ciudad Guzmán a Tonayan, I. Álvarez 169 (IBUG); ZACATECAS: Municipio Valparaíso, carretera Huejuquilla-Valparaíso, límite de Jalisco y Zacatecas, alt. 2150 m, I. Álvarez 1345 (IBUG).

Observaciones: *Flavopunctelia praesignis* es un líquen muy abundante en la zona de estudio. Se ha observado que en algunos ejemplares no es posible apreciar los apotecios y en ocasiones el talo presenta manchas negras muy conspicuas. Es muy parecida a *F. darrowii* (J.W. Thomson) Hale, que también presenta apotecios, pero con la cara inferior café; sin embargo, la distribución de *F. darrowii* no llega a México según Hale (1980). *Flavopunctelia lobulata* Elix & Adler es una especie descrita por Elix y Adler (1987) de Argentina, semejante a *F. praesignis*, pero que se desarrolla sobre tierra, no presenta apotecios, es de menor tamaño y produce lóbulos subrectos hacia el centro del talo.

La distribución de *F. praesignis* según Hale (1980) abarca una pequeña zona al suroeste en Norteamérica en el borde de la frontera con México y en

diversos estados de México. Según Krog y Swinscow (1977) fue recolectada en las montañas de Kenia, África, pero probablemente se trate de otra especie. Es posible considerar que la distribución de *F. praesignis* esta prácticamente restringida a México, en donde ha sido citada por Patrón *et al.* (1985) de Baja California Sur, Gibert (1935) del Distrito Federal, Guzmán (1972) del Estado de México, Welden *et al.* (1979) de Oaxaca y por Coutiño y Mojica (1985) de Veracruz.

Flavopunctelia soledica (Nyl.) Hale, Mycotaxon 20: 682, 1984.

= *Parmelia soledica* Nyl., Flora 68: 605, 1885

Figura 7

Talo folioso, de hasta 6 cm de diámetro, ligeramente adherido al sustrato. Cara superior de color verde-olivo-amarillenta, con pruina en algunos de los ápices de los lóbulos más jóvenes; sin pseudocifelas; soraliós presentes, muy abundantes, restringidos sólo a los márgenes de los lóbulos en forma de media luna; soledios granulosos a polvorientos; sin apotecios, sin picnidios. Lóbulos delgados hasta de 3 mm de ancho, redondeados. Médula blanca. Cara inferior negra, con rizinas negras con las puntas blanquecinas, simples, con una zona marginal desnuda de color café hacia el borde de los lóbulos. Alga verde. Reacciones químicas: médula C+ rojo, K-, KC+ rojo. Con presencia de ácido lecanórico.

Hábitat: Sobre corteza de encino y leguminosas, en bosques de encino, pino-encino y matorral xerófilo.

Material estudiado. AGUASCALIENTES: Municipio Aguascalientes, límite entre Jalisco y Aguascalientes, carretera Aguascalientes-Villa Hidalgo, alt. 1850 m, I. Álvarez 1401 (IBUG). JALISCO: Municipio Mazamitla, Mazamitla, G. Guzmán 11435 (ENCB); Municipio Mezquitic, entre Mezquitic y Monte Escobedo, alt. 2070 m, I. Álvarez 1365 (IBUG); Municipio Unión de San Antonio, 1 km después

del límite con el municipio de Lagos de Moreno, alt. 1842 m, O. Rodríguez 2314 (IBUG); 4 km después del límite con el municipio de Lagos de Moreno, alt. 1876-1880 m, O. Rodríguez 2316 (IBUG). ZACATECAS: km 30 carretera Zacatecas-Guadalajara, después del Fuerte, alt. 2150 m, E. Fanti 211-A (ENCB); G. Rodríguez 573 (ENCB).

Observaciones: *Flavopunctelia soredica* es una especie muy similar a *F. flaventior*, la diferencia entre ambas es la presencia de soralios localizados en la primera únicamente en los márgenes y en forma de media luna, y la segunda tiene soralios marginales y laminares de forma capitada. *Flavopunctelia bornerioides* Kurok. es una especie descrita recientemente por Kurokawa (1999), con soralios orbiculares, marginales y laminares, que puede desarrollarse sobre roca y corteza, a diferencia de las dos primeras que crecen únicamente sobre corteza. *Flavopunctelia soredica* es la única especie del género que no presenta pseudocifelas.

Esta especie ha sido poco recolectada en el mundo; según Hale (1980) se distribuye principalmente en Norteamérica, además en América del Sur, Sudáfrica, India, este de Rusia, China y Japón. Hale (1980) la citó de México sin localidad precisa; en el mapa de distribución están marcados dos puntos, uno en el Altiplano Mexicano y el otro hacia el sur de México. No se ha citado con anterioridad por otros autores de México. En este trabajo se presenta como nuevo registro para Jalisco y Zacatecas.

Punctelia hypoleucites (Nyl.) Krog, Nordic J. Bot. 2(3): 291, 1982.

= *Parmelia hypoleucites* Nyl., Flora 41: 379, 1858.

Figura 8

Talo folioso, de 7 cm o más de diámetro, medianamente adherido al sustrato. Cara superior gris-verdosa cuando fresco a color café-amarillento cuando seco;

presenta pseudocifelas punctiformes, muy abundantes en toda la superficie del talo; sin soralios, sin isidios, con apotecios; con picnidios muy conspicuos sobre todo cerca de los márgenes de los lóbulos. Lóbulos de 2-6 mm de ancho, redondeados, con crecimiento dicotómico poco evidente. Médula blanca. Cara inferior de color café claro, con abundantes rizinas blanquecinas o de color café, simples o algunas ramificadas, sin una zona marginal desnuda. Apotecios de 5-15 mm de diámetro, abundantes, en forma de copa, sésiles, con el himenio de color café, con el margen grueso y ligeramente doblado hacia el interior, con pseudocifelas que cubren el excípulo talino. Ascosporas de 14.4-17.6 X 8.8-9.6 μm , elipsoides, sin septos, de pared lisa y delgada, hialinas, 8 por asca. Picnidiosporas de (8-) 9.6-12 (-14.4) μm , filiformes, hialinas. Alga verde. Reacciones químicas: corteza K+ amarillo; médula K-, C+ rojo, KC+ rojo. Con presencia de ácido lecanórico.

Hábitat: Sobre corteza de encino o pino, en bosques de pino, encino, pino-encino mesófilo de montaña y tropical caducifolio.

Material estudiado: COLIMA: Municipio Comala, Las Marías, C. Sánchez Correa s.n. (IBUG). JALISCO: Municipio Autlán, Puerto los Mazos, carretera Guadalajara-Autlán, alt. 1270 m, I. Álvarez 623 (IBUG); Municipio Etzatlán, Mesa Colorada, alt. 1800 m, I. Álvarez 1762, 1765, 1767 (IBUG); Municipio Guadalajara, Barranca de Huentitán, alt. 1000-1500 m, I. Álvarez 110 (IBUG), A. Figueroa 27 (IBUG); Colonia Ladrón de Guevara, alt. 1600 m, H. Luquín s.n. (IBUG); Municipio Jilotlán, km 55 carretera Tecalitlán-Jilotlán, alt. 1160 m, I. Álvarez 1719, 1720 (IBUG); Municipio La Manzanilla de la Paz, km 6 camino La Manzanilla de la Paz-Mazamitla, alt. 1850 m, F. Trujillo 838, 824, 849-A (IBUG); Municipio Mascota, La Virgencita, 22 km antes de San Sebastián, brecha Mascota-San Sebastián, I. Álvarez 150 (IBUG); Municipio Mazamitla, alrededores de Mazamitla, I. Álvarez 792 (IBUG); Municipio Mezquitic, camino a Huejuquilla, al N de un asentamiento Huichol de casas de madera, alt. 2650 m, I. Álvarez 1511 (IBUG); entre Mezquitic y Monte Escobedo, alt. 2070 m, I. Álvarez

1364, 1370 (IBUG); camino San Andrés Cohamiata, alt. 1790-1830 m, L. Guzmán-Dávalos 6764, 6766 (IBUG), O. Rodríguez 1722 (IBUG); camino de San Andrés Cohamiata a Las Pitayas, alt. 1830-1890 m, L. Guzmán-Dávalos 6716 (IBUG); alrededores de San Andrés Cohamiata, alt. 1850 m, L. Guzmán-Dávalos 6705, 6707 (IBUG); La Cebolleta, camino Huejuquilla-San Andrés Cohamiata, alt. 2170 m, L. Guzmán-Dávalos 6891 (IBUG); Municipio San Martín Hidalgo, El Columpio, al S de Quila, Sierra de Quila, L. M. González Villarreal 3339 (IBUG); Municipio San Sebastián del Oeste, Brecha a Santiago de Pinos, 5 km NE de San Sebastián del Oeste, alt. 1110 m, H. Arreola 333 (IBUG); El Llanito del Hielo, 300 m antes de La Bufa, alt. 2300 m, I. Álvarez 1227 (IBUG); camino a la Bufa, alt. 2280 m, O. Rodríguez 1073 (IBUG); Municipio Tapalpa, Las Piedrotas, cerca de Tapalpa, C.I. Ortiz Arrona s.n. (IBUG); Cerro del Fraile, Sierra de Tapalpa, camino a Chiquilistlán, alt. 2350 m, L.M.V. de Puga s.n. (IBUG); Municipio Tequila, km 12 a 13 de la brecha a la estación de microondas, Norte en el Volcán de Tequila, alt. 2170-2250 m, M. Garza 158 (IBUG), O. Rodríguez 164 (IBUG); Municipio Tlajomulco de Zúñiga, lado Norte de Cerro Viejo, rumbo a la Barranca del Caballito, I. Álvarez 687 (IBUG); arriba de la Barranca del Caballito, Cerro Viejo, alt. 2100 m, I. Álvarez 703 (IBUG); Cerro Viejo de San Miguel Cuyutlán, J. Rodríguez 33 (IBUG); Municipio Tototlán, km 22 carretera Zapotlanejo-Tototlán, alt. 1720 m, L. Guzmán-Dávalos 3986 (IBUG); Municipio Zapopan, Camino a San Isidro Mazatepec, Bosque de La Primavera, alt. 1650 m, A. Loeza 13 (IBUG); R. Juárez 1-A (IBUG); Parque El Centinela, alt. 1700 m, E. Rodríguez s.n. (IBUG); Municipio Zapotlán el Grande, km 2-3 de la brecha El Floripondio-Estación de microondas, Nevado de Colima, I. Álvarez 581 (IBUG); Las Víboras, Nevado de Colima, alt. 2350 m, I. Álvarez 1452 (IBUG); El Floripondio, camino de Ciudad Guzmán al Parque Nacional Nevado de Colima, alt. 2255 m, A. Loeza 278, 280 (IBUG); El Floripondio, faldas del Nevado de Colima, alt. 2220 m, L. Guzmán-Dávalos 6424 (IBUG). NAYARIT: Municipio Ixtlán del Río, camino a Rosa Blanca, antes de llegar a los Aguajes, alt. 1650 m, I. Álvarez 1438 (IBUG); Municipio Ruiz, brecha a Santa Cruz de Guayabal al poblado del Magueyito, alt. 1600 m, I. Álvarez 1465-B, 1472 (IBUG).

ZACATECAS: Municipio Mezquital del Oro, entre Gigante y La Huizachera, brecha que sale de El Malacate, carretera San Cristóbal de la Barranca-Colotlán, L. Guzmán-Dávalos 3738 (IBUG); Municipio Moyahua, Puerto las Ventanas, camino de Yahualica a Moyahua, cerca del límite con Jalisco, alt. 2450 m, I. Álvarez 1272, 1277, 1280 (IBUG); Municipio Tlaltenango, brecha Tlaltenango-Jalpa, Sierra de Morones, alt. 2450 m, I. Álvarez 1385, 1392, 1397, 1398 (IBUG); Municipio Yahualica, Ocotes de Moya, 6.5 km después de Apozol, km 45 carretera Tepatitlán-Yahualica, alt. 1730 m, I. Álvarez 1271 (IBUG); Municipio Valparaíso, límite de Jalisco y Zacatecas, carretera Huejuquilla-Valparaíso, alt. 2150 m, I. Álvarez 1347, 1494, 1495, 1498 (IBUG); entre San Juan Capistrano y Fco. I. Madero, alt. 2500 m, I. Álvarez 1490 (IBUG).

Observaciones: *Punctelia hypoleucites* y *P. bolliana* (Müll. Arg) Krog son especies muy semejantes, ambas tienen la cara inferior de color café, presentan apotecios y carecen de soralios e isidios, pero la primera contiene ácido lecanórico y la segunda ácido protoliqueterínico. *Punctelia hypoleucites* fue descrita de Veracruz y se desarrolla tanto sobre corteza como sobre roca; sin embargo, todos los ejemplares aquí estudiados se encontraron creciendo sobre corteza de encino o pino.

Punctelia hypoleucites al parecer es una especie que se restringe a Texas y México (Brodo *et al.*, 2001). Hale (1965b) mencionó que es poco frecuente, en comparación con *P. bolliana*, la cual es ampliamente recolectada en muchas localidades de Norteamérica. En México se citó por: Guzmán-Dávalos y Álvarez (1987) de Jalisco, Gómez-Peralta (1992) de Michoacán, Bernabé González (1977) de Guerrero, Castorena (1981) de Puebla, Coutiño y Mojica (1982) de Hidalgo, Coutiño y Mojica (1985) de Veracruz y por Guzmán (1972) del Estado de México. Esta especie es una de las más abundante en la región de Nueva Galicia; se presenta como nuevo registro para los estados de Colima, Nayarit y Zacatecas.

Punctelia perreticulata (Räsänen) G. Wilh. & Ladd, Mycotaxon 28: 249, 1987.
 = *Parmelia duboscqii* var. *perreticulata* Räsänen, Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot.
 Vanamo 20(3): 3, 1944.

Figura 9

Talo folioso, hasta de 6 cm de diámetro, medianamente adherido al sustrato. Cara superior gris-verdosa cuando fresco a color café-amarillento cuando seco, con los márgenes frecuentemente escrobiculados; con pseudocifelas, principalmente en los ápices de los lóbulos y escasas en la lámina; sin isidios, sin apotecios, o escasos muy pequeños, con abundantes soralios laminares y marginales, soredios de granuloso a polvorientos. Lóbulos de 1-5 mm de ancho, redondeados, con abundante pruina hacia las puntas. Médula blanca. Cara inferior de color café claro, con abundantes rizinas, la mayoría blanquecinas a de color café casi negras las más cercanas a los márgenes, simples, algunas ramificadas, sin una zona marginal desnuda. Alga verde. Reacciones químicas: corteza K+ amarillo; médula K-, C+ rojo, KC+ rojo. Con presencia de ácido lecanórico.

Hábitat: Sobre corteza de encino, en bosques de encino y tropical caducifolio.

Material estudiado: JALISCO: Municipio Arandas, 6 km sobre la carretera hacia Arandas, después del entronque de la carretera La Piedad-León, I. Álvarez 1583 (IBUG); Municipio San Miguel el Alto, 20 km aprox. al SE de San Miguel el Alto, carretera San Miguel el Alto-San Julián, alt. 2100 m, I. Álvarez 294 (IBUG); Municipio Tlajomulco de Zúñiga, arriba de la Barranca del Caballito, Cerro Viejo, alt. 2100 m, I. Álvarez 710 (IBUG). ZACATECAS: Municipio García de la Cadena, entre Gigante y La Huizachera, brecha que sale de El Malacate, carretera San Cristóbal de la Barranca Colotlán, L. Guzmán Dávalos 3731 (IBUG); Municipio Juchipila, camino de Pueblo Viejo a la cumbre de Cerro El Pato, Sierra Morones, alt. 1590-1790 m, L. Guzmán-Dávalos 6282, 6284 (IBUG);

Municipio Moyahua, Puerto Las Ventanas, camino de Yahualica a Moyahua, cerca del límite con Jalisco, alt. 2400 m, I. Álvarez 1282 (IBUG); Municipio Yahualica, Ocotés de Moya, 6.5 km después de Apozol, km 45 carretera Tepatlán-Yahualica, alt. 1730 m, L. Guzmán-Dávalos 6216 (IBUG).

Observaciones: Esta especie se ha mencionado como un sinónimo de *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog (Krog, 1982); sin embargo, Wilhelm y Ladd (1987) describieron algunas características morfológicas de la cara superior que según su criterio ayudaban a separar a las dos especies como entidades diferentes. Posteriormente, Adler y Ahti (1996) realizaron un estudio con base en las características de las picnidiosporas, no tomadas en cuenta previamente, ya que consideraron que la morfología de la cara superior del talo no definía claramente las especies. Adler y Ahti (1996) encontraron que las picnidiosporas de *P. subrudecta* son más pequeñas y unciformes, y en *P. perreticulata* son más largas y filiformes. Recientemente, Longán y colaboradores (2000) en la búsqueda por aclarar plenamente las diferencias entre estas dos especies y de ellas con *P. borrieri* (Sm.) Krog, publicaron un trabajo en donde consideraron la variabilidad morfológica y química. Longán *et al.* (2000) encontraron diferencias en la cara superior, presencia de pruina para *P. perreticulata* y ausencia para *P. subrudecta*, así como el tamaño de las picnidiosporas. Los materiales aquí estudiados concuerdan en las características de la cara superior; sin embargo, la mayoría no presenta picnidios, o si los presentaban no estaban maduros, por lo que no fue posible hacer la comparación de la medida y la forma de las picnidiosporas. A falta de las picnidiosporas, se consideró la presencia de la pruina en los márgenes de los lóbulos como la característica distintiva de la especie.

La distribución de esta especie según Adler y Ahti (1996) es Norteamérica, América del Sur, Australia, Nueva Zelanda, Europa (Italia de donde fue descrita, Francia, Australia y Polonia). No se conoce de México, por lo

que se presenta como nuevo registro para México, de los estados de Jalisco y Zacatecas.

Punctelia rudecta (Ach.) Krog, Nordic J. Bot. 2(3): 291, 1982.

= *Parmelia rudecta* Ach., Sy. Meth. Lich.: 197, 1814.

Figura 10

Talo folioso, hasta de 5 cm de diámetro, medianamente adherido al sustrato. Cara superior gris-verdosa cuando fresco a color café-amarillento cuando seco; con pseudocifelas presentes en su mayoría en los ápices de los lóbulos; sin soledios, sin apotecios, con abundantes isidios cilíndricos, simples o coraloides, densos sobre la superficie de los lóbulos viejos, con filidia en los márgenes de los lóbulos jóvenes; sin picnidios. Lóbulos hasta de 3 mm de ancho, con el margen ligeramente involuto, ápices brillantes, lustrosos. Médula blanca. Cara inferior de color café claro, con abundantes rizinas, blanquecinas a de color café o negras, con una pequeña zona marginal desnuda. Apotecios en forma de copa, hasta de 4 mm de diámetro, con pseudocifelas en el excípulo talino, con isidios escasos, himenio de color café, margen delgado ligeramente involuto. Ascosporas de 16.8 X 9.6 μm , elipsoides, sin septos, de pared lisa y delgada, hialinas, 8 por asca. Alga verde. Reacciones químicas: médula K-; C+ rojo; KC+ rojo. Con presencia de ácido lecanórico.

Hábitat: Sobre corteza de encino, en bosque de encino.

Material estudiado: JALISCO: Municipio Mezquitic, 150 m al Oeste del límite de Jalisco y Zacatecas, alt. 2300 m, I. Álvarez 1379, 1382 (IBUG).

Material adicional estudiado: ISLAS CANARIAS: Tenerife, 1 km SE de El Bailadero, alt. 430 m, H. Krog y H. Østhagen 1976 (O). KENYA: Kirinyaga, Mt. Kenya, cerca de Castle Forest Station, alt. 1900 m, H. Krog K49/106 (O).

Observaciones: *Punctelia rudecta* se define por el color café de su cara inferior, presencia de isidios y su crecimiento cortícola, a diferencia de *P. punctilla* (Hale) Krog, que también tiene la cara inferior de color café claro y presenta isidios, pero su hábitat es saxícola. Otra especie afín es *P. appalachensis* (W.L. Culb.) Krog que tiene la cara inferior negra y tiene una reacción C- (ácido protoliqueterínico). Krog y Swinscow (1977) mencionaron a los isidios con las puntas de color café oscuro, y en el material estudiado los isidios no presentan esta característica, todos son concoloros con la cara superior y sin cambio de color en las puntas.

Punctelia rudecta según Brodo *et al.* (2001) es un líquen muy común en el este de Norteamérica; Krog y Swinscow (1977) la citaron del este de África y Kurokawa y Lai (2001) de Taiwán. De México fue citada por Gibert (1935) del Distrito Federal y por Culberson (1962) de Chiapas y Veracruz. En este trabajo se presenta como nuevo registro para Jalisco. Es un líquen muy escaso en la zona de estudio, ya que sólo se tienen dos especímenes, recolectados en el Municipio de Mezquitic, Jalisco.

Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog, *Nordic J. Bot.* 2(3): 291, 1982.

= *Parmelia subrudecta* Nyl. *Flora* 69: 320, 1886.

Figura 11

Talo folioso, hasta de 6 cm de diámetro, medianamente adherido al sustrato, la cara superior es de color grisáceo cuando fresco a café-amarillento cuando seco, con pseudocifelas punctiformes a alongadas muy abundantes principalmente hacia los ápices de los lóbulos, sin isidios, sin apotecios, pero con sorolios laminares y marginales. Lóbulos de hasta de 5 mm de ancho, redondeados. Médula blanca. Cara inferior de color café claro, sin una zona marginal desnuda, con abundantes rizinas, la mayoría blanquecinas a color café oscuro casi negras, simples, algunas ramificadas. Picnidiosporas de 7.7-9.7 X 1

μm , bifusiformes, hialinas. Alga verde. Reacciones químicas: corteza K+ amarillo, médula K-, C+ rosa, KC+ rojo. Con presencia de ácido lecanórico.

Hábitat: Sobre corteza de encino o pino, en bosques de encino y pino-encino.

Material estudiado: JALISCO: Municipio Arandas, km 6 sobre la carretera hacia Arandas, después del entronque La Piedad-León, I. Álvarez 1565, 1572, 1575, 1577, 1583, 1586 (IBUG); Municipio Etzatlán, Mesa Colorada, alt. 1800 m, I. Álvarez 1760 (IBUG); Municipio Guachinango, km 28 carretera Ameca-Mixtlán, alt. 1380 m, I. Álvarez 1627 (IBUG); Municipio Jilotlán de los Dolores, km 47 carretera Tecalitlán- Jilotlán, alt. 1400 m, I. Álvarez 1700 (IBUG), L. Villaseñor 344 (IBUG); Municipio La Manzanilla de la Paz, km 6 camino de La Manzanilla de la Paz-Mazamitla, alt. 1950 m, F. Trujillo 833, 844-A (IBUG); Municipio Lagos de Moreno, Lagos de Moreno, L.M.V. de Puga, s.n. (c) (IBUG); Municipio Mascota, km 84 carretera Ameca-Talpa, cerca de El Sol de Oros, alt. 1750 m, I. Álvarez 1678, 1686 (IBUG); km 85 carretera Ameca-Mascota, I. Álvarez 1550 (IBUG); después de La Campana, km 83.5 carretera Guadalajara-Mascota, alt. 1800 m, L. Guzmán-Dávalos 7445 (IBUG); Municipio Mazamitla, El Terreno, km 10 carretera Mazamitla-Colima, 1940 m, J. Schondube 24 (IBUG); alrededores de Mazamitla, alt. 2160 m, M. Juárez s.n. (IBUG); km 57-58 carretera Mazamitla-Tamazula, Y. Alquiciras, 82 (IBUG); Municipio Mezquitic, entre Mezquitic y Monte Escobedo, alt. 2070 m, I. Álvarez 1367, 1372 (IBUG); La Cebolleta, camino a Huejuquilla-San Andrés Cohamiata, alt. 2170 m, L. Guzmán-Dávalos 6790, 6857 (IBUG); Municipio Mixtlán, km 45 carretera Ameca-Mixtlán, alt. 1490 m, I. Álvarez 1598 (IBUG); Municipio San Miguel el Alto, 20 km aprox. al SO de San Miguel el Alto, carretera San Miguel el Alto-San Julián, alt. 2100 m, I. Álvarez, 294 (IBUG); Municipio San Sebastián del Oeste, entronque camino San Sebastián, La Mesa y Cieneguitas, alt. 1000 m, L. Guzmán-Dávalos 6511 (IBUG); camino San Sebastián-La Bufa, entre Portezuelo de Santa Ana y El Llanito, alt. 1930-2290 m, I. Álvarez 1172, 1186, 1189 (IBUG); entronque camino San Sebastián, La Mesa y Cieneguitas, alt. 1000 m, L. Guzmán-Dávalos 6515

(IBUG); cruce La Estancia-La Mesa de los Nances-Colimilla, alt. 1050 m, L. Guzmán-Dávalos 7218 (IBUG); Municipio Tecalitlán, km 6 brecha Tecalitlán-Jilotlán, Sierra del Halo, alt. 1700 m, L. Guzmán-Dávalos 4410 (IBUG); km 120 carretera Guadalajara-Autlán, El Mirador, Sierra de Quila, alt. 1650 m, E. Loza 124 (IBUG); Municipio Tecolotlán, El Mirador, Quililla, al SW de Cocula, 1775 m, L.M.V. de Puga s.n. (d) (IBUG); Municipio Tenamaxtlán, 4.7 km de la brecha que sale hacia el NE de Cofradía de Pimienta, carretera Tenamaxtlán-Atengo, alt. 1580 m, L. Guzmán-Dávalos 7604 (IBUG); 5.8 km de la brecha que sale hacia el NE de Cofradía de Pimienta, carretera Tenamaxtlán-Atengo, alt. 1600 m, L. Guzmán-Dávalos 7574 (IBUG); Municipio Tlajomulco de Zúñiga, Arriba de la Barranca del Caballito, Cerro Viejo, alt. 2100 m, I. Álvarez 710 (IBUG); Municipio Tototlán, km 22 carretera Zapotlanejo-Tototlán, alt. 1720 m, I. Álvarez 74 (IBUG); Municipio Yahualica, Puente Timones, camino Yahualica-Moyagua, alt. 2000 m, L. Guzmán-Dávalos 6245 (IBUG); Municipio Zapopan, camino a San Isidro Mazatepec, Bosque de La Primavera, alt. 1650 m, A. Loeza 41 (IBUG), M. Valencia 2 (IBUG); Bosque de La Primavera, km 15 de la prolongación de Mariano Otero, D.N. González Pérez 1 (IBUG), R.M. Hernández 2 (IBUG); Olvera-Cortés 5 (IBUG); Club Deportivo de la Universidad de Guadalajara, M. Gutiérrez 21-B (IBUG); Municipio Zapotlán el Grande, El Floripondio, faldas del Nevado de Colima, alt. 2200 m, L. Guzmán-Dávalos 7145 (IBUG); km 2-3 de la brecha El Floripondio-Estación de Microondas, Nevado de Colima, I. Álvarez 579 (IBUG); 7 km después de La Media Luna, Rancho El Anillo, alt. 2030 m, I. Álvarez 835 (IBUG). MICHOACÁN: km 3 de Zirahuén rumbo a Pátzcuaro, E. Fanti 587 (IBUG); Municipio Nahuatzen, 4 km antes del poblado San Isidro, brecha San Isidro-La Mojonera, alt. 2500 m, I. Álvarez 1525 (IBUG); Municipio Quiroga, 7.5 km antes de llegar a Quiroga, carretera Zacapu-Pátzcuaro, alt. 2000 m, I. Álvarez 1538 (IBUG); Municipio Zamora, km 30 carretera Jacona-Los Reyes, alt. 1440 m, M.A.P. Márquez s.n. (IBUG). NAYARIT: Municipio Ixtlán del Río, camino a Rosa Blanca, 3 km antes de llegar a Los Aguajes (Meseta de Cofradía), 1730 m, I. Álvarez 1414, 1424, 1425, 1426, 1427 (IBUG). ZACATECAS: Municipio Juchipila, camino de Pueblo Viejo a la cumbre de Cerro

El Pato, Sierra Morones, alt. 1590-1790 m, L. Guzmán-Dávalos 6282, 6284, 6297 (IBUG); Municipio Mezquital del Oro, entre Gigante y La Huizachera, brecha que sale de El Malacate, carretera San Cristóbal de la Barranca-Colotlán, L. Guzmán-Dávalos 3731 (IBUG); Municipio Moyahua, Puerto Las Ventanas, camino de Yahualica a Moyahua, cerca del límite con Jalisco, alt. 2400 m, I. Álvarez 1274, 1282 (IBUG); Municipio Valparaíso, límite de Jalisco y Zacatecas, carretera Huejuquilla-Valparaíso, alt. 2150 m, I. Álvarez 1496, 1497, 1491 (IBUG).

Observaciones: *Punctelia subrudecta* es una especie que tiene una relación muy estrecha con *P. perreticulata* (ver observaciones de *P. perreticulata*). Sin embargo, en el material estudiado se pudo observar que la diferencia más significativa es la ausencia de pruina en los márgenes de los lóbulos en esta especie, así como la forma de las pseudocifelas, las cuales se notan más definidas en *P. subrudecta*, a diferencia de *P. perreticulata* que presenta menos pseudocifelas y con la forma más irregular. El desarrollo de los soralioides también es diferente, en *P. subrudecta* se aprecian más espaciados y ligeramente menos abundantes y en *P. perreticulata* están muy desarrollados y concentrados del centro hacia los ápices. Sólo tres ejemplares presentan picnidios y aunque con picnidiosporas muy escasas, se lograron medir algunas y resultaron de mayor tamaño (ver descripción arriba), ya que las descritas para esta especie son de (3.6-) 4.1-5 (-6.8) μm según Longán *et al.* (2000). Es posible considerar que las variaciones en las medidas puedan tener relación con el hábitat y el lugar de procedencia de los materiales; sin embargo, resulta evidente que es necesario realizar un estudio con más profundidad entre estas dos especies, *P. perreticulata* y *P. subrudecta*, que permita establecer claramente sus diferencias.

Punctelia subrudecta fue mencionada por Hale (1965b) de Europa, Norteamérica, América del Sur y Australia. Krog y Swinscow (1977) la citaron del este de África, Kurokawa y Lai (2001) de Taiwán, y Truong y Clerc (2003) de Suiza. En México fue citada por: Álvarez y Guzmán-Dávalos (1993) de Jalisco,

Gómez-Peralta (1992) de Michoacán, Bernabé González (1977) de Guerrero y por Hale (1965b) de Chiapas, Distrito Federal, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz. Esta especie es muy abundante en la zona Nueva Galicia, aquí se presenta como nuevo registro para Nayarit y Zacatecas.

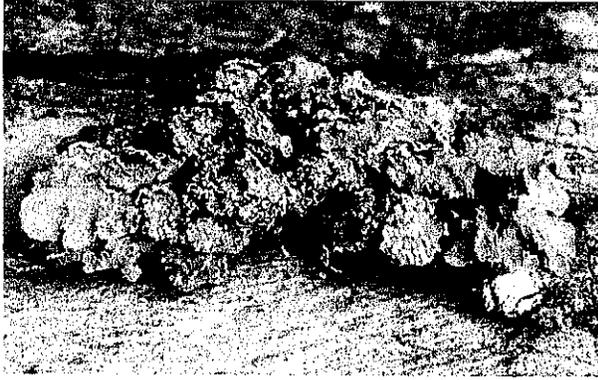


Figura 5. *Flavopunctelia flaventior*, M. Garza 176.

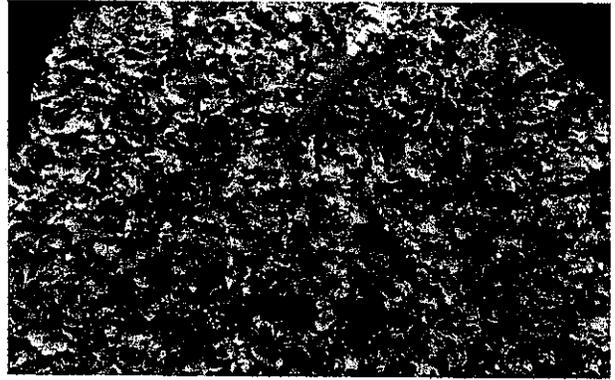


Figura 6. *Flavopunctelia praesignis*, L. Guzmán-Dávalos 4490.

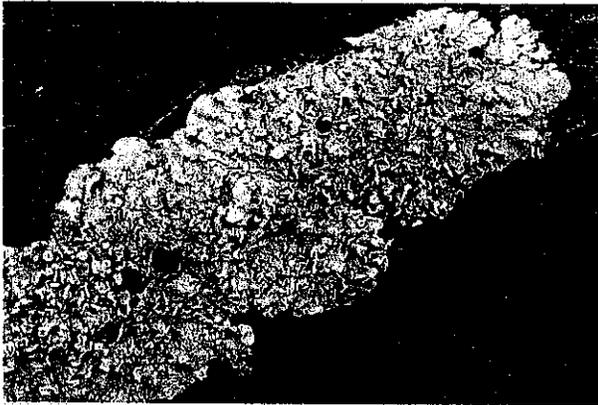


Figura 7. *Flavopunctelia soledica*, O. Rodríguez 2316.

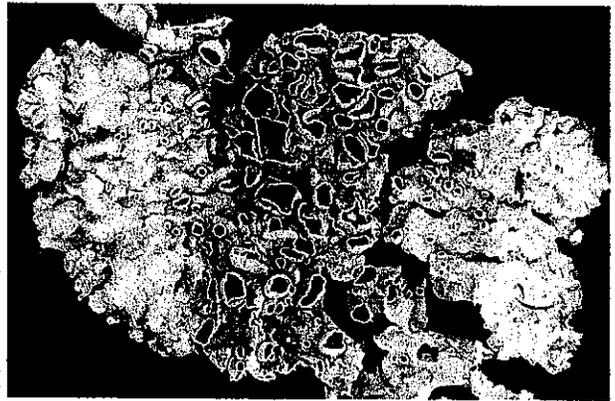


Figura 8. *Punctelia hypoleucites*, I. Álvarez 703.

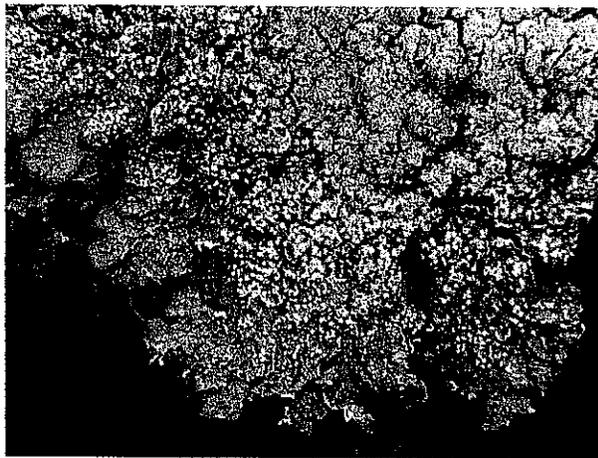


Figura 9. *Punctelia perreticulata*, I. Álvarez 294.

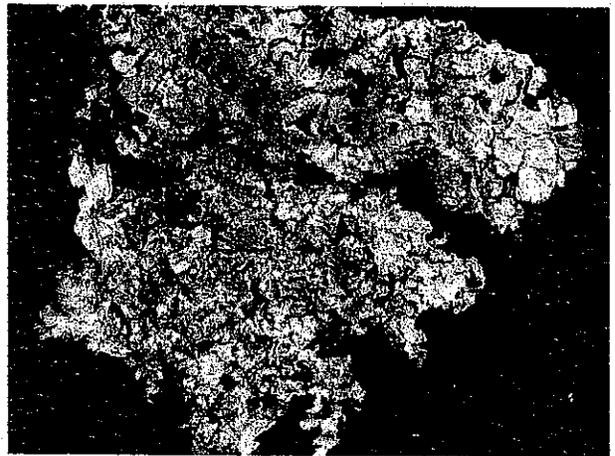


Figura 10. *Punctelia rudecta*, I. Álvarez 1382.

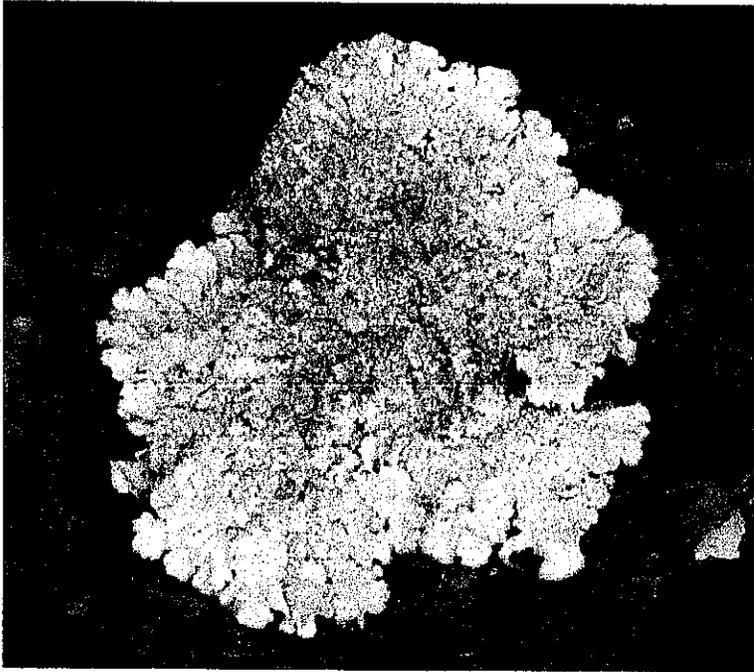


Figura 11. *Punctelia surudecta*, I. Álvarez 835.



Figura 12. Asca y ascosporas de *Punctelia hypoleucites*, I. Álvarez 1494, 100x



Figura 13. Soralios marginales de *Flavopunctelia flaventior*, L. Guzmán-Dávalos 4505.

CAPÍTULO 2. Estudio filogenético con caracteres morfológicos de *Flavopunctelia* y *Punctelia*

ESTUDIOS FILOGENÉTICOS EN LÍQUENES

La Sistemática Filogenética intenta ordenar a los grupos de organismos considerando como base las relaciones evolutivas que existen entre ellos. Al determinar la historia evolutiva o filogenia, como segunda etapa es posible establecer una clasificación sobre esta historia (Judd *et al.*, 1999). Entre los primeros autores que contribuyeron en la definición de la historia evolutiva de los líquenes, se encuentran Gargas *et al.* (1995), quienes secuenciaron la subunidad pequeña (SSU por sus siglas en inglés) del DNA ribosomal (DNAr) para analizar el origen de esta asociación. Los resultados de sus análisis con parsimonia sugirieron por lo menos cinco orígenes en diferentes grupos de Ascomycetes y Basidiomycetes.

En lo que se refiere a estudios filogenéticos relacionados con la familia Parmeliaceae, Wedin y colaboradores (1999) construyeron una hipótesis de la filogenia de esta familia, usando las secuencias de tres regiones del DNAr: SSU, región interna transcrita (ITS) y del gen 5.8S. Ellos incluyeron varias especies que se han propuesto en nuevas familias; sin embargo, en sus resultados todos los taxones ligados a Parmeliaceae permanecen formando un grupo monofilético y de la misma forma todos los Lecanorales se muestran formando un grupo por si mismos.

Crespo *et al.* (1999) realizaron un estudio con caracteres morfológicos, químicos y moleculares de 64 géneros Parmelioides. En el estudio molecular secuenciaron el ITS del DNAr. Encontraron que los caracteres morfológicos y químicos resultaron muy poco informativos, en comparación con los datos moleculares. En relación al grupo de interés de esta tesis, ellos encontraron con

los datos morfológicos, químicos, biogeográficos y ecológicos en un análisis con Neighbour-joining, un clado sin apoyo estadístico que agrupó a *Punctelia* Krog, *Flavopunctelia* (Krog) Hale y *Cetrelia* W. L. Culb. & C. F. Culb.

En un intento por establecer la filogenia y resolver el concepto genérico inestable de los Parmelioides, en forma particular de *Parmelia sensu lato*, Crespo y colaboradores (2001) utilizaron secuencias del SSU del DNA mitocondrial (DNAMt), en lugar del DNAr que no había resultado informativo en trabajos previos. Obtuvieron un grupo monofilético que comprende a todas las especies parmelioides incluidas en su estudio y las que han sido segregadas de *Parmelia s.l.*; con estos resultados en cierta forma se refuerza el concepto clásico de *Parmelia* Ach., basado en características morfológicas. En ese trabajo incluyeron dos especies de *Punctelia* y una de *Flavopunctelia*, que no formaron un grupo monofilético. *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale quedó cercana a *Punctelia subflava* (Taylor) Elix & J. Johnst. pero sin resolver, dentro de un clado que incluyó a *Flavoparmelia* Hale, *Parmotrema* A. Massal., *Rimelia* Hale & Fletcher, *Neofuscelia* Essl., *Xanthoparmelia* (Vainio) Hale y *Chondropsis* Nyl. Por otro lado, *P. borreri* formó un clado con *Melanelia elegantula* (Zahlbr.) Essl. y dentro de otro clado que agrupó a *Pleurosticta* Per., *Parmelia*, *Parmeliopsis* (Nyl. ex Stizenb.) Nyl., *Parmelina* Hale, *Hypotrachyna* (Vain.) Hale y *Parmelinopsis* Elix & Hale.

Molina y colaboradores (2004) estudiaron 16 especies de *Parmelia* empleando el ITS del DNAr nuclear y el gen de la β -Tubulina para definir si las poblaciones del Atlántico y el Mediterráneo de *Parmelia saxatilis* (L.) Ach. son una sola especie o varias y validar la reciente descripción de *P. ernstiae* Feuerer & A. Thell., comparando las secuencias con las colecciones del complejo. Por otro lado, utilizando las secuencias del SSU del DNAr mitocondrial y el ITS nuclear y la subunidad grande (LSU) del DNAr nuclear, Blanco *et al.* (2004) revisaron los líquenes parmelioides que contienen liquenina del tipo *Xanthoparmelia*, obteniendo como resultado un grupo monofilético formado por

todos los líquenes que presentan este compuesto, incluyendo los segregados y reduciendo a *Neofuscelia* Esslinger como sinónimo de *Xanthoparmelia*. Entre otros cambios proponen 10 nuevos nombres y 129 combinaciones nuevas dentro de *Xanthoparmelia*.

Parmotrema es otro caso donde también se emplearon secuencias del SSU del DNAr mitocondrial y del ITS y LSU del DNAr nuclear por Blanco y colaboradores (2005) para fundamentar sus diferencias como género dentro de los Parmeliaceae, reubicando a *Canomaculina* Elix & Hale y *Rimelia* de nuevo como parte de éste. En el complejo de *Parmotrema reticulatum* (Taylor) M. Choisy se emplearon de nuevo secuencias del SSU del DNAr mitocondrial y del ITS del DNAr nuclear por Divakar y colaboradores (2005). Sus resultados permitieron delimitar como especies independientes a *P. reticulatum* y *P. pseudoreticulatum* (Tav.) Hale. En este trabajo usaron como grupo externo a tres especies de *Flavoparmelia*.

Existen muy pocos trabajos específicos sobre los géneros *Flavopunctelia* y *Punctelia*. Sin embargo, algunos estudios de otros géneros de Parmeliaceae los han incluido, y nos dan idea sobre sus relaciones filogenéticas. Blanco *et al.* (2004) en su trabajo sobre el género *Xanthoparmelia*, con una matriz combinada con datos del LSU nuclear, ITS nuclear y SSU mitocondrial del DNAr, utilizaron como parte del grupo externo a *Punctelia borreri* (Sm.) Krog, *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog y a *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale. En su árbol se observa que estos dos géneros forman un grupo monofilético con una probabilidad posterior de 0.99 y un bootstrap de 100 y que *Flavopunctelia* es el grupo hermano de *Punctelia*. Blanco y colaboradores (2005) realizaron un análisis Bayesiano de las secuencias del SSU del DNAr mitocondrial y del ITS y LSU del DNAr nuclear de *Parmotrema* y otros géneros muy cercanos, utilizando como grupo externo a *Flavopunctelia*, además de incorporar seis especies de *Punctelia*. En sus resultados encontraron que ambos géneros se agruparon como un grupo monofilético.

Específicamente sobre *Punctelia*, Crespo *et al.* (2004) realizaron un estudio molecular utilizando las secuencias del SSU del DNAr mitocondrial y el ITS nuclear de 20 especímenes que correspondían a siete especies de la Península Ibérica, utilizando a *Flavopunctelia flaventior* como grupo externo. Encontraron cuatro clados mayores, con los que se confirmó a *P. ulophylla* (Ach.) F. Wilson como una especie independiente, a *P. reddenda* (Stirt.) Krog como hermana de *P. borreri* (Sm.) Krog y a *P. perreticulata* (Räsänen) G. Wilh & Ladd muy relacionada con *P. subrudecta* (Nyl.) Krog.

Por otro lado, los trabajos con caracteres exclusivamente morfológicos son muy escasos, por ejemplo el de Stenroos *et al.* (1997) con Cladoniaceae, en donde realizaron un análisis cladístico de *Cladonia* y *Cladina* con 54 caracteres, de los cuáles 33 eran morfológicos, 20 químicos y uno ecológico. Ellos obtuvieron poca definición con este tipo de datos. En general los pocos trabajos que han utilizado datos morfológicos, incluyen además datos de secuencias de DNA, como han sido los de Miadlikowska y Lutzoni (2000) y Stenroos *et al.* (2002), o sólo mapean los caracteres morfológicos en los árboles obtenidos con datos moleculares, como en el trabajo de Heidmarsson (2003).

En este trabajo, y con el fin de ampliar el conocimiento de un grupo de organismos pobremente estudiados, se estudian las relaciones filogenéticas de los géneros de Parmeliaceae pseudocifelados *Flavopunctelia* y *Punctelia*, utilizando caracteres morfológicos y químicos.

MATERIALES Y METÓDOS

Grupo de estudio

Del grupo interno (*Flavopunctelia* y *Punctelia*) se usaron todos los representantes que se desarrollan en Nueva Galicia (tabla 1 y ver material estudiado bajo las especies en el capítulo 1), además se tomó información de especímenes de herbario de especies no presentes en Nueva Galicia, ni en México, y en ocasiones se recurrió a la bibliografía para completar la información a partir de las descripciones cuando se contaba con material muy escaso. En total se incluyeron 270 especímenes del grupo interno. Los materiales provienen de siete herbarios nacionales y extranjeros: ASU, ENCB, H, HUAA, IBUG, O y US. Las abreviaciones de los herbarios son de acuerdo al Index Herbariorum (Holmgren *et al.*, 1990).

Para el grupo externo se seleccionó en primer lugar el grupo hermano (*Melanelia* Essl., *Parmelia* Ach.) de acuerdo a estudios previos (Crespo *et al.*, 2001), así como grupos externos: representantes de Parmeliaceae (*Parmotrema* Massolongo y *Pseudevernia* Zopf), representantes de otras familias de Lecanorales (Cladoniaceae: *Cladonia* P. Browne; Lobariaceae: *Pseudocyphellaria* Vain. y *Sticta* (Schreb.) Ach.; Peltigeraceae: *Solorina* Ach.; Physciaceae: *Heterodermia* Trevis.; Teloschistaceae: *Teloschistes* Norman; Umbilicariaceae: *Lasallia* Mérat) y los representantes más lejanos las familias Thelotremataceae: *Diploschistes* Norman y Verrucariaceae: *Dermatocarpon* Eschw. En total se estudiaron 13 especímenes del grupo externo.

Estudio de los caracteres

Como una primera parte del trabajo se hizo un análisis de las estructuras tradicionalmente usadas en la taxonomía de líquenes, descartando las de origen

algal y usando sólo las que tienen un origen fúngico, ya que considerar ambas implicaría desde un principio un origen polifilético. Se usaron características macro y micromorfológicas, así como químicas. Se consultaron trabajos previos sobre el grupo, como los de Culberson (1962); Hale (1965a, 1965b, 1980, 1984, 1987); Krog (1982); Krog y Swinscow (1977). La observación de los caracteres morfológicos se hizo en la mayoría de los casos a partir de especímenes herborizados, y en muy pocos casos de materiales frescos recién recolectados.

Para el estudio macromorfológico se siguió la metodología de Hale (1970, 1979) y de Brodo *et al.* (2001), descrita en el capítulo 1. Para las estructuras micromorfológicas se elaboraron preparaciones con KOH al 3% de apotecios y picnidios. Además se usó el reactivo de Melzer para detectar estructuras amiloides o dextrinoides. En el caso de las picnidiosporas se usó la terminología de Krog (1982) (figura 4) para describir las formas.

Los especímenes que se estudiaron en este trabajo se muestran en la tabla 1. Los caracteres y estados de carácter se indican en la tabla 2 y se describen ampliamente en el texto en resultados. La matriz de datos morfológicos se presenta en la tabla 3, y está integrada por 45 taxa y 40 caracteres. De los taxa, 32 corresponden al grupo interno y 13 al grupo externo.

Caracteres químicos

Para la prueba de color se siguió la metodología de Hale (1979), la cual consiste en colocar una gota de K (hidróxido de potasio) y/o una gota de C (hipoclorito de sodio) sobre la médula o la corteza del líquen y observar la reacción con el cambio de color. El cambio de color es indicativo del tipo de ácido liquénico que presenta el espécimen. Para la determinación más precisa de la presencia de ácidos liquénicos se realizó cromatografía de capa fina (TLC

por sus siglas en inglés), siguiendo la metodología descrita por Culberson (1972) y Lumbsch (2002), que se describe a continuación.

Para la TLC se utilizaron: viales, micropipetas, cámaras de cromatografía, placas de sílica gel, lámpara UV, acetona, ácido acético, ácido sulfúrico dioxano y tolueno. En cada uno de los viales se colocó una pequeña porción del talo del líquen y se marcó el vial con un número que se registró en una libreta con los datos del espécimen. Al vial se le agregaron dos o tres gotas de acetona. Las placas de sílica gel se marcaron con un lápiz con 19 puntos con una distancia entre si de 1 cm y 2 cm arriba del borde inferior de la placa; sobre estos puntos se colocaron las muestras con micropipetas de cada uno de los viales y se marcaron por debajo con el número de vial que corresponde. Una vez colocadas las muestras y ya secas, las placas se colocaron en las cámaras de cromatografía con el solvente preparado de tolueno y ácido acético (200 ml y 30 ml, respectivamente) y de tolueno, dioxano y ácido acético (180 ml, 45 ml y 5 ml, respectivamente). Después de correr las muestras, se sacaron de la cámara y se dejaron secar. Ya secas se rociaron con ácido sulfúrico al 10% y se colocaron en una secadora a 100° C para revelar los corrimientos. Previo al roció de ácido sulfúrico las placas se visualizaron en una cámara de UV y se marcaron las manchas fosforescentes. La identificación de los ácidos liquénicos fue a través de la comparación de las distancias recorridas en la placa de los especímenes estudiados con muestras tomadas de materiales auténticos de líquenes, en los que ya se tenían determinados los ácidos liquénicos.

Análisis filogenéticos

La matriz se elaboró en MacClade 4.0 (Maddison y Maddison, 2000). Todos los caracteres fueron definidos como no ordenados (parsimonia Fitch). El análisis se realizó con máxima parsimonia, con el programa PAUP* 4.0b10 (Swofford, 2000). Como estrategias de búsqueda de los árboles más

parsimoniosos, se realizaron varios análisis con la finalidad de evaluar el efecto de la remoción de taxa y de caracteres. Inicialmente se hicieron búsquedas heurísticas, con el algoritmo de intercambio de ramas TBR ("tree bisection reconnection"); pero como la matriz no era demasiado grande, fue posible realizar búsquedas exactas (Branch & Bound), con el árbol inicial por "stepwise addition", y la secuencia de adición "furthest". La optimización de los estados de carácter se hizo con la opción ACCTRAN de PAUP. Los valores de "bootstrap" se obtuvieron de búsquedas heurísticas con 1,000 réplicas, cada réplica con 10 repeticiones, o con la opción "Fast stepwise-addition" de PAUP, con 10,000 a 100,000 réplicas.

RESULTADOS

Análisis de los caracteres y sus estados (ver figuras 1-2)

1. CRECIMIENTO:

0 = costroso; 1 = folioso; 2 = fruticuloso; 3 = escuamuloso

El talo del un líquen esta compuesto por un hongo liquenizado o micobionte y un alga o ficobionte. Generalmente el micobionte es el organismo que domina, ya que contribuye con un 80 o 90% del total de la biomasa del talo. Las formas de crecimiento que se codifican aquí están relacionadas con el arreglo particular que presentan los elementos fúngicos: la corteza y la médula, además de las diferentes formas en que se adhiere al sustrato.

El talo costroso se encuentra muy adherido al sustrato y es difícil separarlo del mismo. El talo folioso tiene bien desarrollada la cara inferior, la cual puede presentar corteza y rizinas, con las que se adhiere al sustrato. El talo fruticuloso, se desarrolla en forma de un pequeño árbol erguido o colgante, unido en un solo punto al sustrato y con las ramillas cilíndricas o aplanadas. El talo escuamuloso está formado por una parte basal con escamas o escuámulas y otra erguida, llamada podocios (Hale, 1970; Ryan *et al.*, 2002).

2. FOTOBIONTE DOMINANTE:

0 = clorofícea; 1 = cianobacteria

La asociación líquénica esta constituida generalmente por uno de estos dos tipos de algas: Clorofíceas o algas verdes y Cianobacterias o algas azul-verdes; sin embargo, en algunos casos como en *Solorina* se presentan los dos tipos, la verde como alga primaria y la azul-verde en forma de cefalodios, que son estructuras globosas, verrugosas o irregulares, que contienen algas diferentes a las del resto del talo líquénico (Ulloa, 1991; Brodo *et al.*, 2001). En el caso de la especie de *Solorina* que se incluyó en la matriz los cefalodios son muy abundantes, por lo que se consideró a la cianobacteria como el alga dominante.

Además, también se presenta como alga dominante una cianobacteria en *Sticta*. En el grupo interno el fotobionte dominante es una clorofícea.

3. TALO AMARILLO – ANARANJADO:

0 = ausente; 1 = presente

La mayoría de las especies tiene la cara superior de color verde a gris, aunque hay algunas que son negras, azulosas o color café. Estos colores están muy relacionados con las algas, por lo que no fueron considerados. Sin embargo, el color de los talos amarillos o anaranjados se debe a la presencia de un pigmento, el parietin antraquinona, de origen fúngico (Elix, 1996).

CORTEZA INFERIOR

La corteza del talo esta formada por hifas compactadas, gelatinizadas, unidas de manera muy firme, que proporcionan protección al talo liquénico. En algunos casos las especies carecen de ella (Hale, 1970); en este estudio las especies que no presentaron fueron: *Cladonia jaliscana* Ahti & Guzm.-Dáv., *Diploschistes diacapsis* (Ach.) Lumbsch, *Heterodermia hypoleuca* (Ach.) Trev. y *Solorina* aff. *saccata* (L.) Ach. El color de la corteza inferior puede variar de blanquecino, color café o negro y es un carácter taxonómico importante. En el caso de *Pseudevernia consocians* (Vain.) Hale & W.L. Culb. la corteza inferior es blanquecina a negruzca en el mismo talo. En algunos casos el margen de la corteza inferior se observa de un color diferente al resto.

4. CORTEZA INFERIOR:

0 = ausente; 1 = presente

5. COLOR DE LA CORTEZA INFERIOR:

0 = blanquecina; 1 = color café; 2 = negra; 3 = blanquecina a negruzca

6. COLOR DEL MARGEN INFERIOR:

0 = concolor cara inferior; 1 = de otro color

MÉDULA

Es una capa constituida por hifas entrelazadas de forma laxa, que presentan un aspecto fibroso o algodonoso. Se encuentra por debajo de la corteza superior y la capa algal, tiene una gran capacidad de captar agua, funciona como un almacén de alimento y muchos de los ácidos liquénicos incoloros se depositan aquí. La mayoría del talo liquénico esta compuesto por este tejido medular (Hale, 1970; Kirk *et al.*, 2001). La médula generalmente es blanca, pero en algunos casos, como en *Pseudocyphellaria aurata* (Ach.) Vain., es amarilla.

7. COLOR DE LA MÉDULA:

0 = blanca; 1 = amarilla

8. RIZINAS:

0 = ausentes; 1 = centro; 2 = centro y margen

Las rizinas son estructuras formadas por el micobionte, constituidas por cordones compactos de hifas hialinas o negruzcas, que se originan de la corteza de la cara inferior del talo, con aspecto de raicillas; presentes principalmente en los talos foliosos y que tienen como función la fijación del talo liquénico al substrato (Hale, 1970; Barreno y Rico, 1984; Ulloa, 1991). Las rizinas en algunos líquenes se concentran principalmente en el centro de la cara inferior, en otros están distribuidos de manera uniforme, y en ocasiones pueden no desarrollarse en la parte más cercana al margen.

9. CILIOS:

0 = ausentes; 1 = presentes

Son prolongaciones filamentosas, formadas por hifas muy compactadas, que se originan a lo largo del margen de los lóbulos o en el excípulo de los apotecios lecanorinos. Se presentan sólo en los líquenes de tipo folioso o fruticuloso, pueden ser del color de la corteza superior a oscuros o negros. Generalmente son delgados y largos, sin ramificaciones, o cortos y gruesos con la base bulbosa e inflada como en *Bulbotrix* (Hale, 1970; Barreno y Rico, 1984; Brodo *et*

al., 2001). Hale (1970) mencionó que los cilios podrían estar relacionados con las rizinas, pero que probablemente tuvieron un origen diferente, ya que los cilios están restringidos a géneros con una estructura más avanzada, como *Cetraria* y *Parmelia*.

10. VENAS:

0 = ausentes; 1 = presentes

Engrosamientos parciales de la médula, formados por células más o menos alargadas y conglutinadas que dan como resultado un prosoplecténquima; presentes en la cara inferior de talos foliosos, principalmente en la familia Peltigeraceae (Barreno y Rico, 1984; Martínez, 1999).

11. OMBLIGO:

0 = ausente; 1 = presente

Grupo de hifas cortas, que se originan de la médula, situadas en el centro de la cara inferior de talos foliosos; tienen como función sujetar el talo al substrato. Los líquenes que presentan ombligo se desarrollan generalmente en substratos duros, tales como rocas (Barreno y Rico, 1984).

12. TOMENTO:

0 = ausente; 1 = presente

Son hifas que se originan de la corteza de la cara inferior, que pueden ser simples o ramificadas, semejantes a pelos, que difieren de las rizinas por no estar compactadas. Forman una capa semejante al fieltro o como vello algodónoso, la cual puede ser gruesa o delgada. En ocasiones se proyecta más allá del borde del talo es común en las familias sin corteza o con corteza pobremente desarrollada (Hale, 1970; Ulloa, 1991; Brodo *et al.*, 2001).

13. CIFELAS:

0 = ausentes; 1 = presentes

Son huecos circulares, delimitados por un estrato cortical, que sólo se encuentran en la cara inferior del talo (Hale, 1970; Ulloa, 1991). Son típicas del género *Sticta*.

PSEUDOCIFELAS

Son cavidades o aberturas pequeñas, rara vez exceden de 1 mm de diámetro, de forma variable, que se forman por la interrupción de la corteza. Son semejantes a las cifelas, pero no presentan un borde cortical específico, y permiten que las hifas medulares queden expuestas. Se originan tanto en la cara inferior como en la cara superior, y su función, aunque no se conoce muy bien, se cree que es intercambio gaseoso y aireación del talo (Hale, 1970; Barreno y Rico, 1984; Ulloa, 1991). Las pseudocifelas se pueden presentar en la cara inferior, como en el caso de *Pseudocyphellaria*, o en la cara superior, lo cual es muy característico de algunos géneros de la familia Parmeliaceae, como *Flavopunctelia* y *Punctelia*. El nombre de estos dos géneros alude a la presencia de las pseudocifelas, que microscópicamente se ven como puntos blancos.

14. PSEUDOCIFELAS:

0 = ausentes; 1 = presentes

15. POSICIÓN DE LAS PSEUDOCIFELAS:

0 = cara superior; 1 = cara inferior

SOREDIO

Propágulo pequeño, de forma más o menos esférica, sin corteza, que consta de células del fotobionte mezcladas con células del micobionte. Se origina a partir de la médula y de la capa algal, aparentemente de un sobrecrecimiento de las algas, que ejercen presión a la corteza superior, lo que ocasiona un rompimiento de la misma y su salida al exterior. Presenta un aspecto polvoriento o granuloso, y tienen como función la reproducción vegetativa (Hale, 1970; Ulloa y Hanlin, 2000; Brodo *et al.*, 2001). Por ser estructuras duales, de origen fúngico y algal, lo

que se codifica abajo son los elementos fúngicos que participan en la formación del soredio. Los soredios se originan en zonas decorticadas sobre la cara superior del liquen a manera de pústulas, que pueden ser difusas o delimitadas, y que son llamadas soralios (Ulloa, 1991).

16. HIFAS QUE FORMAN SORALIOS LAMINARES:

0 = ausentes; 1 = presentes

17. HIFAS QUE FORMAN SORALIOS MARGINALES:

0 = ausentes; 1 = presentes

ISIDIO

Es una estructura pequeña, generalmente cilíndrica o subglobosa, que se origina de la corteza de la cara superior; en su interior se continúa la estructura y el contenido de las capas que presenta el talo liquénico (corteza superior y capa algal). La mayoría de los isidios están adelgazados en la base, lo cual facilita su desprendimiento y dispersión; tienen como función la reproducción vegetativa. A diferencia de los soredios, los isidios siempre presentan corteza y no forman agregaciones específicas (Hale, 1970; Barreno y Rico, 1984; Ulloa, 1991; Brodo *et al.*, 2001). Lo que aquí se toma en cuenta y se codifica, es la capacidad del hongo de formar estas estructuras.

18. HIFAS QUE SE AGREGAN EN ISIDIOS:

0 = ausentes; 1 = presentes

19. APOTECIOS:

0 = ausentes; 1 = presentes

Son las estructuras de reproducción sexual del Ascomycete que constituye parte de la asociación liquénica, por lo que se puede considerar que tienen un origen exclusivamente fúngico. Generalmente tiene forma de copa, plato o disco. El himenio del apotecio esta formado por una capa de ascas y paráfisis que cubren

el interior de la copa, es aquí donde se forman las ascosporas. Los apotecios se encuentran exclusivamente en la cara superior del talo (Hale, 1970; Ulloa y Hanlin, 2000; Brodo, *et al.* 2001).

20. APOTECIOS PERFORADOS:

0 = ausentes; 1 = presentes

En algunos casos los apotecios en forma de copa, presentan una perforación en el centro, una especie de agujero. Los apotecios perforados sólo se presentan en el género *Parmotrema*.

ASCOSPORAS

Son esporas que se forma en el interior de un asca como resultado del proceso de reproducción sexual que sólo el hongo lleva a cabo. Cada ascospora esta cubierta generalmente por tres capas, que se distinguen en el microscopio electrónico: la exterior llamada perisporio; una capa intermedia, la pared propia, o episporio, y algunas veces una capa interna o endosporio.

21. TIPO DE ASCOSPORA:

0 = amerospora; 1 = didimospora; 2 = dictiospora

Las amerosporas son esporas simples que no presentan septos, las didimosporas son esporas con un septo transversal, y las dictiosporas están divididas o cortadas por septos longitudinales y transversales (muriformes); en ambos casos los septos son formados por la pared propia o episporio (Ulloa, 1991; Kirk *et al.*, 2001; Bungartz, 2002).

22. AMEROSPORA:

0 = simple; 1 = polarilocular

Son ascosporas que no presentan septos; sin embargo, la amerospora polarilocular tiene un canal central que conecta los lóculos en la espora. En este caso el septo es formado por el endosporio, no por la pared verdadera o episporio como en las dictiosporas y didimosporas.

23. PODECIOS:

0 = ausentes; 1 = presentes

Son pequeños pedúnculos, que soportan los discos himeniales, la conidiomata o los apotecios; de forma erecta, ramificada o sencilla, generalmente huecos y que constituyen el talo secundario en los líquenes escuamulosos (Ulloa, 1991; Kirk *et al.* 2001). En este estudio sólo están presentes en *Cladonia*.

24. PERITECIOS:

0 = ausentes; 1 = presentes

Son cuerpos fructíferos microscópicos, que generalmente no exceden de 1 mm de diámetro, subglobosos o en forma de botella, que en su interior contiene una línea de himenio donde se forman las ascosporas, las cuales son liberadas a través de un poro apical llamado ostiolo (Hale, 1970; Ulloa, 1991; Brodo *et al.*, 2001).

25. PICNIDIOS:

0 = ausentes; 1 = presentes

Son cuerpos fructíferos asexuales, que se encuentran embebidos en el talo del líquen, principalmente en los márgenes y en los lóbulos. Tienen forma esférica o de botella, son negros y en su interior se forman los conidióforos que producen las conidiosporas o picnidiosporas (Ulloa, 1991; Brodo *et al.*, 2001).

26. PICNIDIOSPORAS:

0 = filiformes; 1 = unciformes; 2 = bifusiformes; 3 = sublageniformes

Son esporas de origen asexual, inmóviles, que se forman en el interior de los picnidios, a partir de los conidióforos. Según Krog (1982) las picnidiosporas pueden ser: a) bifusiformes: cilíndricas, angostas, con pequeños abultamientos cerca de cada uno de los extremos; b) sublageniformes: de la misma forma que los bifusiformes, pero con abultamiento solo en uno de los extremos; c) filiformes: cortas o largas, angostas, lisas; d) unciformes: también cilíndricas, angostas, con uno de los extremos curvado.

METABOLITOS SECUNDARIOS

Todas las sustancias secundarias características de los líquenes son originadas por el hongo. Existen alrededor de 600 a 700 metabolitos secundarios, la mayoría son únicos de los líquenes y aproximadamente un 10 % se presentan en otros hongos o en plantas superiores. Son sustancias de diversas clases químicas, que incluyen componentes aromáticos, como depsidos, depsidonas, depsonas, dibenzofuranos, ésteres benzilos y carotenoides (Culberson y Ahmadjian, 1980; Elix, 1996; Purvis, 2000; Nash y Elix, 2002).

27. ATRANORINA:

0 = ausente; 1 = presente

28. ÁCIDOS GRASOS:

0 = ausentes; 1 = presentes

29. ÁCIDO CAPERÁTICO:

0 = ausente; 1 = presente

30. ÁCIDO DIDÍMICO:

0 = ausente; 1 = presente

31. ÁCIDO GIROFÓRICO:

0 = ausente; 1 = presente

32. ÁCIDO LECANÓRICO:

0 = ausente; 1 = presente

33. ÁCIDO NORSTÍSTICO:

0 = ausente; 1 = presente

34. ÁCIDO TAMNÓLICO:

0 = ausente; 1 = presente

35. ÁCIDO ÚSNICO:

0 = ausente; 1 = presente

36. ÁCIDO PROTOLIQUESTERÍNICO:

0 = ausente; 1 = presente

37. ÁCIDO DIFRACTAICO:

0 = ausente; 1 = presente

38. ÁCIDO SALACÍNICO:

0 = ausente; 1 = presente

39. ZEORINA:

0 = ausente; 1 = presente

40. ÁCIDO DIPLOSQUISTÉSICO:

0 = ausente; 1 = presente

Análisis filogenéticos

Se realizaron varios análisis modificando el número de taxa del grupo interno, del grupo externo, de ambos, y de los caracteres. Se presentan aquí los resultados más relevantes. Utilizando todos los taxa (45) y todos los caracteres (40) no se obtuvo resolución (datos no presentados), ya que un gran número de caracteres eran autoapomorfias, y por lo tanto no informativas para el análisis. Como siguiente paso se realizó un análisis seleccionando los taxa representativos del grupo interno (7) y todos los del grupo externo (13). La matriz en este caso contenía 20 taxa y 38 caracteres, de los cuáles 22 eran informativos. Los resultados se muestran en las figuras 14 y 15. La figura 14 es el consenso estricto de 53 árboles más parsimoniosos, de 76 pasos de longitud, con un índice de consistencia (IC) de 0.5 excluyendo los caracteres no informativos, un índice de retención (IR) de 0.6 y un índice de consistencia rescalado (CR) de 0.3632. En el árbol de la figura 14 se observa un grupo monofilético que incluyó a todos los representantes del grupo interno, excepto a *Punctelia rudecta*, que quedó fuera, formando un clado con *Pseudevernia consocians* (Vain.) Hale & W.L. Culb. Por otro lado, el grupo interno anidó a *Parmelia sulcata*. No se obtuvo apoyo estadístico para ningún clado, excepto para el formado por las dos especies de *Flavopunctelia*, con un 70% de bootstrap.

En la figura 15 se muestra el árbol de consenso de mayoría (50% majority-rule), en donde se observa que *Punctelia rudecta* queda todavía más alejada del grupo interno, dentro de un clado que incluye, además de *Pseudevernia consocians*, a *Lasallia papulosa* (Ach.) Llano, *Dermatocarpon miniatum* (L.) W. Mann, *Pseudocyphellaria aurata* (Ach.) Vain. y *Sticta fuliginosa* (Dicks.) Ach. Como grupos hermanos del grupo de estudio se presentan *Parmotrema perforatum* (Ach.) A. Massal., *Heterodermia hypoleuca* (Ach.) Trev. y *Melanelia subolivacea* (Nyl.) Essl. Por otro lado, se observa mayor definición en el grupo externo, al formarse un clado más que en el consenso estricto

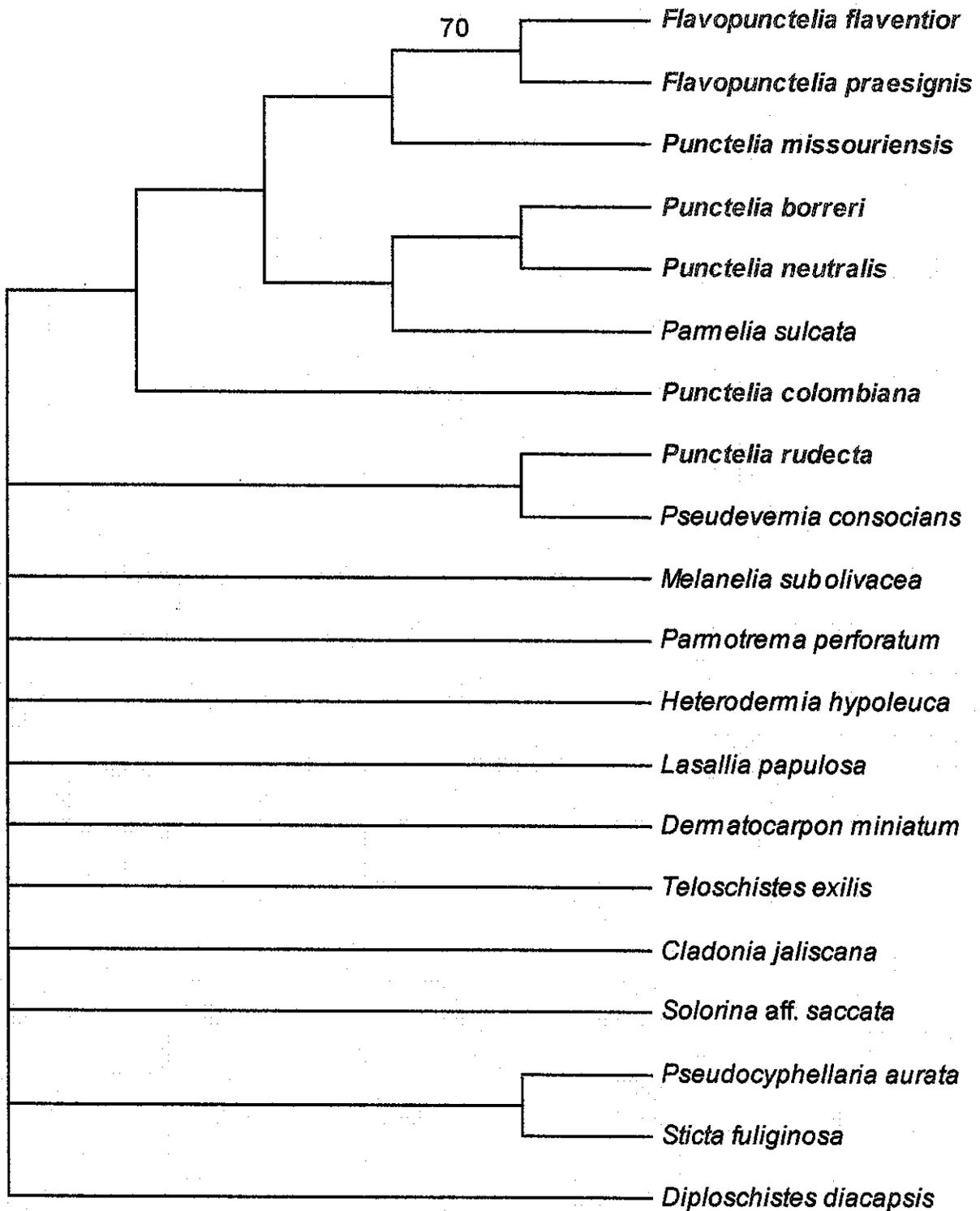


Figura 14. Árbol de consenso estricto obtenido por máxima parsimonia con siete taxa representantes del grupo interno (*Flavopunctelia* y *Punctelia*) y 13 taxa del grupo externo. En rosa los taxa del grupo interno y en negro los del externo. El número sobre la línea indica el valor de "bootstrap".

(*Lasallia papulosa* con *Dermatocarpon miniatum*), y los tres clados relacionados entre ellos.

En los siguientes análisis se seleccionó uno de los grupos externos, en este caso *Diploschistes* (dos especies), y sólo se incluyeron en la matriz los taxa del grupo interno. La matriz en total tenía 24 taxa (22 del interno y dos del externo) y 21 caracteres, de los cuáles 19 eran informativos. En la figura 16 se muestra el consenso estricto de 252 árboles más parsimoniosos, de 47 pasos, con un IC excluyendo caracteres no informativos de 0.4444, un IR de 0.7093 y un CR de 0.332. En el árbol de consenso estricto (figura 16) hay muy poca resolución y sólo se observa un clado, el formado por todas las especies de *Flavopunctelia*, y sólo hay apoyo estadístico (56%) para el clado de *F. flaventior* y *F. soledica*. No hay resolución para las especies de *Punctelia*. En la figura 17 se muestra el árbol de consenso de mayoría (50% majority-rule), en donde se observa una mayor resolución para las especies de *Punctelia*, con tres clados, y cuatro especies que no quedaron anidadas en ningún clado.

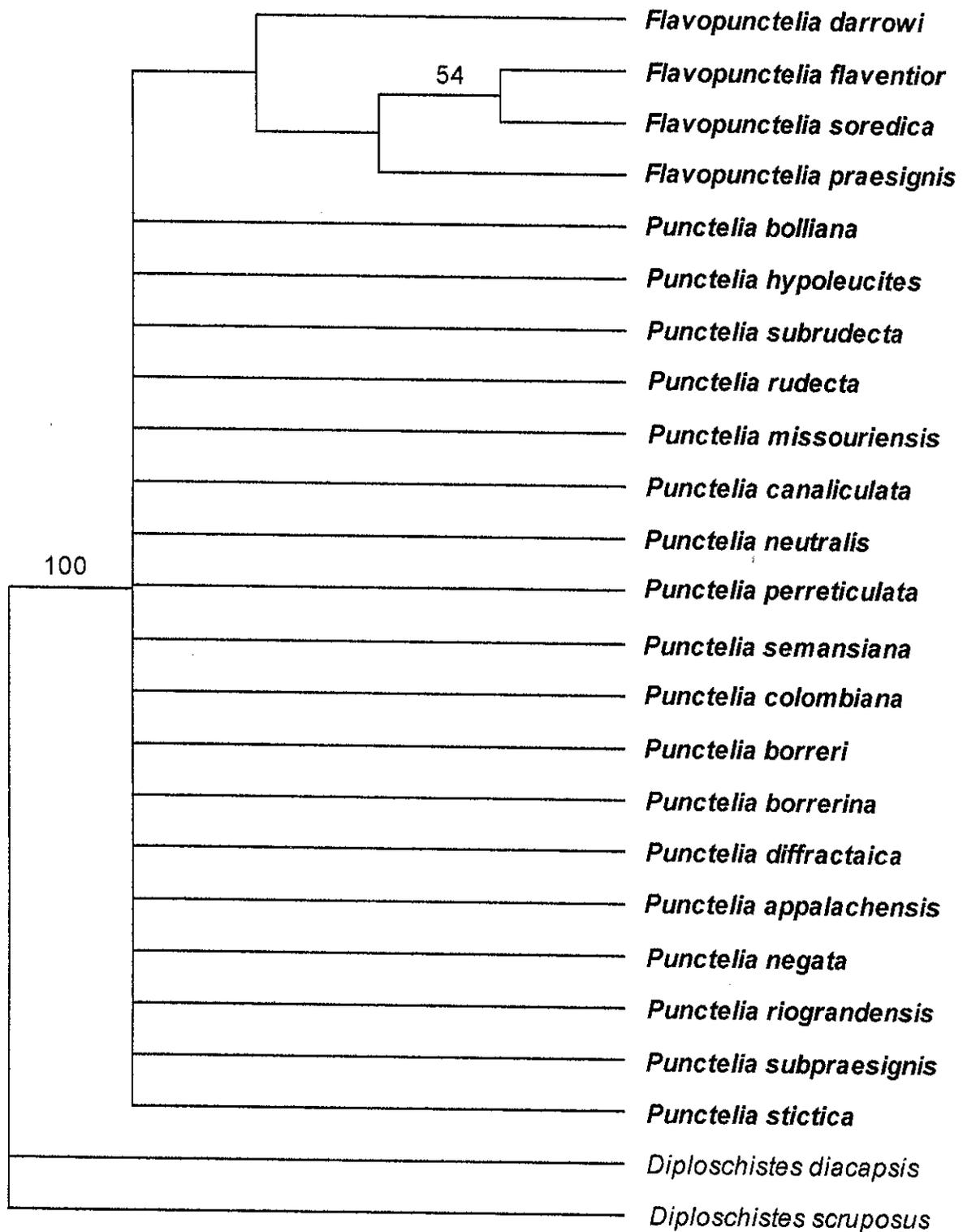


Figura 16. Árbol de consenso estricto obtenido por máxima parsimonia con todos los taxa estudiados del grupo interno (*Flavopunctelia* y *Punctelia*) y dos especies de *Diploschistes* como grupo externo. El número sobre la línea indica el valor de "bootstrap".

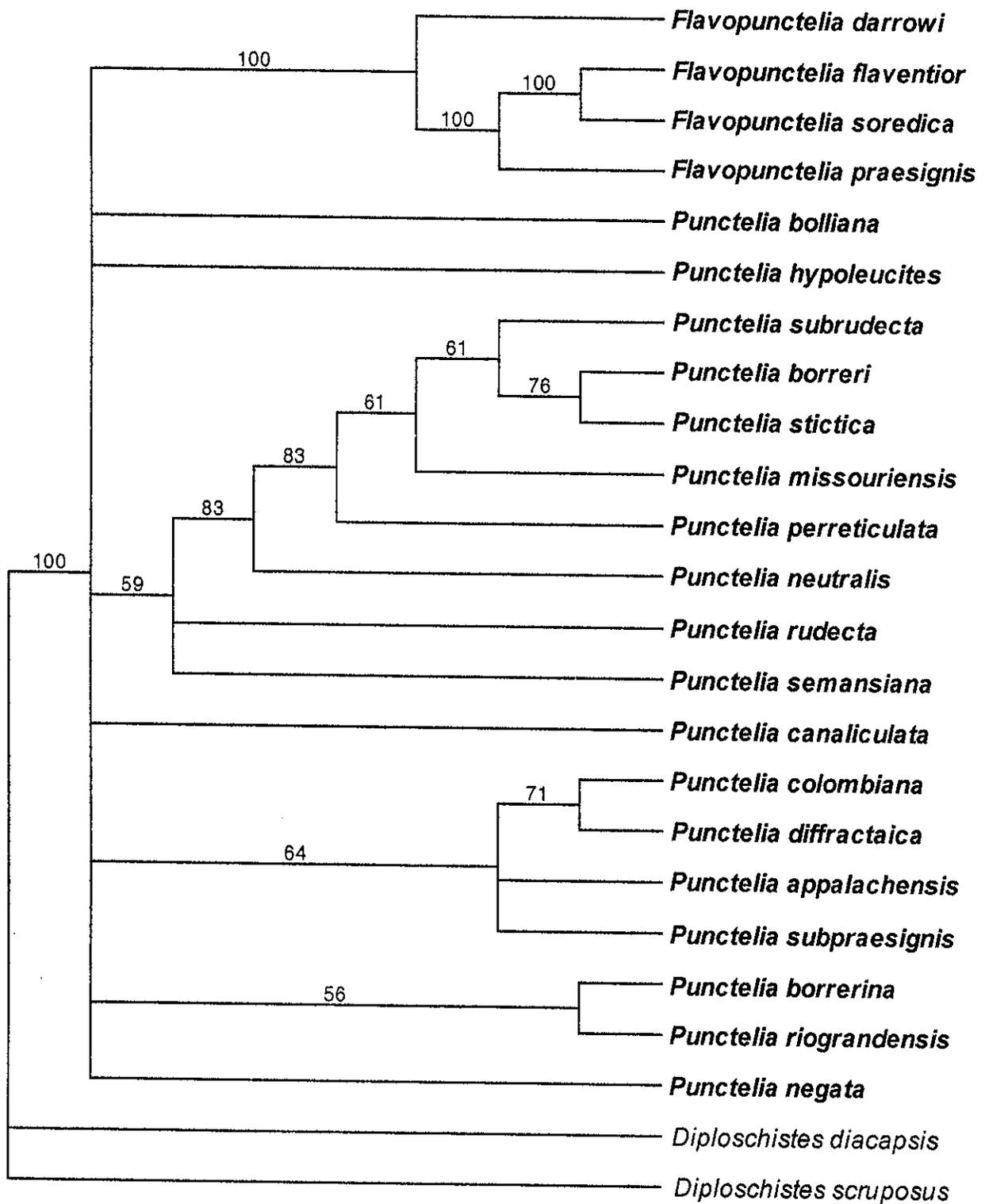


Figura 17. Árbol de consenso de mayoría obtenido por máxima parsimonia con todos los taxa estudiados del grupo interno (*Flavopunctelia* y *Punctelia*) y dos especies de *Diploschistes* como grupo externo. Los números sobre las líneas indica el porcentaje de árboles en los que se encuentra ese clado.

DISCUSIÓN

Los líquenes son considerados como un pequeño ecosistema (Tehler, 1996), en donde la mayor parte de la estructura de este ecosistema esta formada por el hongo o micobionte. Por naturaleza, el origen de la asociación líquénica es polifilético, ya que al menos existen dos organismos involucrados. Por esta razón, se ha estudiado la filogenia por separado de los organismos que intervienen formando un liquen, principalmente la de los hongos liquenizados. En este caso, los caracteres utilizados en los estudios filogenéticos deben entonces tener como base las características originadas a partir de la estructura fúngica.

Los estudios filogenéticos han tomado auge poco a poco en el mundo de la liquenología y se han realizado con el fin de esclarecer tanto el origen de los hongos liquenizados como las relaciones existentes entre grupos, como pueden ser familias o géneros. La mayoría de los trabajos han utilizado caracteres moleculares, pero algunos han utilizado tanto caracteres morfológicos como moleculares.

En este trabajo se estudiaron las relaciones infragenéricas de *Flavopunctelia* y *Punctelia* de la familia Parmeliaceae, con caracteres morfológicos y químicos. Aunque no era uno de los objetivos, inicialmente se trató de comprobar la monofilia de ellos a partir de los datos morfológicos y químicos; se trabajó con una matriz que contenía la mayoría de las especies de ambos como grupo interno y 13 especies de otros géneros como grupo externo. Sin embargo, los caracteres se comportaron muy homoplásicos por lo que no se tuvo resolución en los árboles. Posteriormente, se hizo una búsqueda seleccionando taxa representativos del grupo interno y todas las especies de los grupos externos cercanos y lejanos que se habían seleccionado previamente. De nuevo resultó que los datos no permitieron establecer la monofilia del grupo en cuestión, ya que al menos una especie (*Punctelia rudecta*) quedó fuera del

grupo interno y una especie del grupo hermano (*Parmelia sulcata*) quedó anidada en el grupo interno.

Partiendo de los resultados obtenidos en los primeros análisis, se decidió tomar como base el estudio de Blanco y colaboradores (2004) con caracteres moleculares, en el que encontraron que *Punctelia* y *Flavopunctelia* formaron un grupo monofilético. Se probaron entonces sólo las relaciones entre especies de los dos género estudiados, incluyendo todos los representantes del grupo interno y usando como grupo externo dos especies de *Diploschistes*. Con este análisis se trató de obtener una hipótesis de las relaciones entre las especies del grupo interno. El árbol del consenso estricto (figura 16) no mostró casi nada de definición, excepto en el clado de *Flavopunctelia*, que agrupó a todas las especies de este género que se estudiaron. En el árbol de consenso de mayoría (figura 17) se mantiene el clado formado por *Flavopunctelia* y en relación a las especies de *Punctelia* se formaron tres cladros.

Flavopunctelia se define por la cara inferior del talo negra, las picnidiosporas bifusiformes y la presencia de ácido úsnico. *Flavopunctelia flaventior* y *F. soledica* son especies hermanas; muy relacionadas a ellas está *F. praesignis*, y *F. darrowi* resultó la especie más basal. Estudios previos con datos moleculares (Crespo *et al.*, 2001, 2004; Blanco *et al.*, 2004, 2005) únicamente habían considerado una especie de *Flavopunctelia* (*F. flaventior*), por lo que aquí se presenta la primera hipótesis de sus relaciones filogenéticas.

Punctelia ha sido estudiada por varios autores, algunos lo encontraron como monofilético y otros como polifilético. Crespo *et al.* (2001) en un análisis de distancias no paramétricas con DNA mitocondrial encontró a *Punctelia* polifilético, ya que *P. subflava* (Taylor) Elix & J. Johnst. formó un clado con *Flavopunctelia flaventior*, y *P. borreri* otro con *Melaneia elegantula* (Zahlbr.) Essl., ambos muy alejados entre si. En el trabajo de Blanco *et al.* (2004) con análisis bayesiano se formó un clado con las dos especies de *Punctelia* (*P.*

borreri, *P. subrudecta*) que estudiaron. Posteriormente, Blanco *et al.* (2005) de nuevo con análisis bayesiano y con cinco especies de *Punctelia* obtuvieron el género como monofilético.

En este trabajo, con datos morfológicos y químicos, no se logró establecer la monofilia del género; sin embargo, se obtuvieron algunos datos que nos acercan hacia el conocimiento de las relaciones filogenéticas de sus especies. En el análisis con todos los grupos externos (figura 14) se obtuvo un grupo formado por *Punctelia borrieri* y *P. neutralis*. Este grupo se mantiene, pero anidando a seis especies más en el análisis con *Diploschistes* como grupo externo (figura 17). En el árbol de la figura 17 se obtuvieron tres clados. El primer clado está formado por *P. subrudecta*, *P. borrieri*, *P. stictica*, *P. missouriensis*, *P. perreticulata*, *P. neutralis*, *P. rudecta* y *P. semansiana*, agrupadas por el crecimiento folioso, rizinas en el centro del talo y la presencia de atranorina en la corteza. El segundo clado quedó integrado por *P. colombiana*, *P. diffractaica*, *P. appalachensis*, *P. subpraesignis*, que presentan la cara inferior negra y carecen de soledios. El tercer clado se encuentra integrado por *P. borrierina* y *P. riograndensis*, que presentan apotecios, conidios unciformes y ácidos grasos en la corteza superior. Quedan sin agruparse a ninguno de los clados mencionados: *P. bolliana*, *P. canaliculata*, *P. hypoleucites* y *P. negata*.

Las relaciones que se obtuvieron aquí coinciden en parte con los resultados de Crespo *et al.* (2004), quienes estudiaron las relaciones con datos moleculares de seis especies de *Punctelia* a través del método bayesiano. Ellos encontraron un clado con *P. perreticulata*, *P. subrudecta*, *P. borrieri* y *P. rudecta*, además de *P. reddenda* (Stirt.) Krog (no considerada aquí), que coincide con los resultados de este trabajo, pero en un orden diferente. Sin embargo, el orden no es relevante, ya que no se tiene ningún apoyo estadístico con los datos aquí presentados y el acomodo dentro del clado puede variar.

Como también resultó en los trabajos de Stenroos *et al.* (1997) y Crespo *et al.* (1999), en general los caracteres morfológicos son poco informativos. Crespo *et al.* (1999), con 64 géneros de Parmeliaceae, compararon los árboles que resultaron con datos morfológicos y químicos con los obtenidos a partir de datos moleculares. Ellos encontraron muy pocos grupos con soporte estadístico utilizando los caracteres morfológicos, en comparación a los que obtuvieron con los datos moleculares. A partir de los trabajos antes mencionados, y los resultados aquí presentados, resulta evidente que es muy importante la interpretación y codificación correcta de los caracteres morfológicos, ya que la matriz de datos morfológicos representa las hipótesis de homología primaria. Una interpretación correcta de los caracteres y sus estados nos puede llevar a un árbol más cercano a las verdaderas relaciones filogenéticas del grupo. Sin embargo, esta interpretación se complica cuando las observaciones nos llevan a hipótesis de origen común, con base en la similitud de las estructuras observadas, a pesar de que el origen sea polifilético.

CONCLUSIONES

Se describen un total de siete especies para Nueva Galicia: *Flavopunctelia flaventior*, *F. praesignis*, *F. soledica*, *Punctelia hypoleucites*, *P. perreticulata*, *P. rudecta* y *P. subrudecta*.

Se presenta como nuevo registro para México a *P. perreticulata* de los estados de Jalisco y Zacatecas; además a las siguientes especies que ya se conocían del país, se citan de nuevos estados: *F. soledica* para Jalisco; *P. hypoleucites* para Colima, Nayarit y Zacatecas; *P. rudecta* para Jalisco y *P. subrudecta* para Nayarit y Zacatecas.

Las especies de *Flavopunctelia* y *Punctelia* en general se desarrollan preferentemente en la corteza de los encinos.

Con base en el análisis filogenético de los caracteres morfológicos no se logró establecer la monofilia de los dos géneros.

Se obtuvo una hipótesis de las relaciones de las especies de *Flavopunctelia*.

Se obtuvo una hipótesis parcial y no soportada para las relaciones de las especies de *Punctelia*.

LITERATURA CITADA

- Adler, M. y S. Calvelo, 1993. New reports of Parmeliaceae s. str. (Lichenized Ascomycotina) from Southwestern Argentina. *Mycotaxon* 46: 105-128.
- Adler, M.T. y T. Ahti, 1996. The distinction of *Punctelia perreticulata* and *P. subrudecta* (Parmeliaceae, Lecanorales). *Lichenologist* 28(5): 431-436.
- Álvarez, I. y L. Guzmán-Dávalos, 1988. Nuevos registros de líquenes de Jalisco. *Revista Mex. Micol.* 4: 89-96.
- Álvarez, I. y L. Guzmán-Dávalos, 1993. Additions to the lichen flora from the State of Jalisco (Mexico). *Mycotaxon* 48: 359-370.
- Anderson, R.A. y W.A. Weber, 1962. Two new species of *Parmelia* from Western United States. *Bryologist* 65(3): 234-241.
- Barreno, E. y V.J. Rico, 1984. Sobre la biología de los líquenes I. Anatomía, morfología y estructuras vegetativas. *Anales de Biología*, 1 (Sección especial, 1): 161-195.
- Bernabé González, T., 1977. Algunas especies de líquenes del estado de Guerrero. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Gro.
- Blanco, O., A. Crespo, J.A. Elix, D.L. Hawksworth y H.T. Lumbsch, 2004. A molecular phylogeny and new classification of parmelioid lichens containing *Xanthoparmelia* - type lichenan (Ascomycotina: Lecanorales). *Taxon* 53(4): 959-975.
- Blanco, O., J.A. Elix y H.T. Lumbsch, 2005. Molecular phylogeny of parmotremoid lichens (Ascomycota, Parmeliaceae). *Mycologia* 97(1): 150-159.
- Brodo, I.M., S. Duran Sharnoff y S. Sharnoff, 2001. *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven.
- Brusse, F.A., 1984. New species and combinations in *Parmelia* from Southern Africa. *Bothalia* 15(1-2): 315-321.
- Brusse, F.A., 1985. Two new species of *Parmelia* (Lichens) from Southern Africa. *S. Afr. J. Bot.* 52(2): 105-108.
- Brusse, F.A., 1986a. Five new species in the genus *Parmelia* (Lichens, Parmeliaceae) from Southern Africa. *Mycotaxon* 27: 183-192.

- Brusse, F.A., 1986b. Four new effigurate-crustose species of *Parmelia* (Lichens, Parmeliaceae) from Southern Africa. *Mycotaxon* 27: 237-245.
- Brusse, F.A., 1994. Four new species in the lichen genus *Parmelia* (Ascomycotina, Lecanorales) from Southern Africa, with notes on Southern Africa Lichens. *Mycotaxon* 50: 291-300.
- Bungartz, F., 2002. Morphology and anatomy of the fertile structures. *In*: Nash, T.H., B.D. Ryan, C. Gries y F. Bungartz (eds.). Lichen flora of the Greater Sonoran Desert Region. Thomson-Shore, Inc., Dexter.
- Castorena, F.J., 1981. Contribución al conocimiento de los líquenes del estado de Puebla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Puebla, Pue.
- Coutiño, B. y A. Mojica, 1982. Estudio de los líquenes corticícolas de bosque mesófilo de montaña y de coníferas del estado de Hidalgo. *Bol. Soc. Mex. Micol.* 17: 166-180.
- Coutiño, B. y A. Mojica, 1985. Líquenes de la región del Cofre de Perote-Xalapa. *Revista Mex. Micol.* 1: 379-400.
- Crespo, A., R. Gavilán, J.A. Elix, y G. Gutiérrez, 1999. Molecular, morphological and chemical characters within several groups of parmelioid genera. *Lichenologist* 31: 451-460.
- Crespo, A., O. Blanco y D.L. Hawksworth, 2001. The potential of mitochondrial DNA for establishing phylogeny and stabilizing generic concepts in the parmelioid lichens. *Taxon* 50(3): 807-819.
- Crespo, A., P.K. Divagar, A. Argüello, C. Gasca y D.L. Hawksworth, 2004. Molecular studies on *Punctelia* species of Iberian Peninsula, with an emphasis on specimens newly colonizing Madrid. *Lichenologist* 36 (5): 299-308.
- Culberson, W.L., 1962. Some pseudocyphellate Parmeliae. *Nova Hedwigia* 4: 563-577.
- Culberson, W.L., 1972. Improved conditions and new data for the identification of lichen products by a standardized thin-layer chromatographic method. *J. Chromatogr.* 72: 113-125.
- Culberson, W.L. y V. Ahmadjian, 1980. Artificial reestablishment of lichens. II. Secondary products of resynthesized *Cladonia cristatella* and *Lecanora chrysoleuca*. *Mycologia* 72(1): 90-109.

- Culberson, W.L. y C.F. Culberson, 1980. Microconidial dimorphism in the lichen genus *Parmelia*. *Mycologia* 72: 127-135.
- Dávalos, L., F. Brizuela y G. Guzmán, 1972. Estudios sobre los líquenes de México, I. Notas sobre algunas especies. *Anales Esc. Nac. Ci. Biol.* 19: 9-20.
- Divakar, P.K., O. Blanco, D.L. Hawksworth y A. Crespo, 2005. Molecular phylogenetic studies on the *Parmotrema reticulatum* (syn. *Rimelia reticulata*) complex, including the confirmation of *P. pseudoreticulatum* as a distinct. *Lichenologist* 37(1): 55-65.
- Elix, J.A. y M.T. Adler, 1987. A new species of *Flavoparmelia* and *Flavopunctelia* (lichenized Ascomycotina). *Mycotaxon* 30: 335-338.
- Elix, J.A., 1993. Progress in the generic delimitation of *Parmelia sensu lato* lichens (Ascomycotina: Parmeliaceae) and a synoptic key to the Parmeliaceae. *Bryologist* 96(3): 359-383.
- Elix, J.A., 1996. Biochemistry and secondary metabolites. *In*: Nash, T.H. (ed.) *Lichen biology*. University Press, Cambridge.
- Esslinger, T.L., 1978. A new status for the brown Parmeliae. *Mycotaxon* 7(1): 45-54.
- Galloway, D., 1985. *Flora of New Zealand. Lichens*. P.D. Hasselberg, Government Printer, Wellington.
- Gargas, A., P.T. DePriest, M. Grube y A. Tehler, 1995. Multiple origins of lichen symbioses in fungi suggested by SSU rDNA phylogeny. *Science* 268: 1492-1495.
- Gibert, A., 1935. *Líquenes del Valle de México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
- Gómez-Peralta, M., 1992. Contribución al conocimiento de los líquenes del campo geotérmico Los Azufres, Michoacán, México. *Acta Bot. Mex.* 18: 31-53.
- Gries, C., 1996. Lichens as indicators of air pollution. *In*: Nash, T.H. (ed.). *Lichen biology*. University Press, Cambridge.
- Gutiérrez Vázquez, M.T., 1959. *Geografía física de Jalisco*. Tesis Profesional. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, D.F.
- Guzmán, G., 1972. Algunos macromicetos, líquenes y mixomicetos importantes en la zona del volcán Popocatepetl (Amecameca-Tlamacas-Mex.). *Guías Botánicas de Excursiones en México*. Sociedad Botánica de México, México, D.F.

- Guzmán-Dávalos, L. y I. Álvarez, 1987. Observaciones sobre los líquenes de Jalisco y de Chiapas. *Revista Mex. Micol.* 3: 217-230.
- Hale, M.E., 1965a. A monograph of *Parmelia* subgenus *Amphigymnia*. *Contr. U.S. Natl. Herb.* 36: 193-358.
- Hale, M.E., 1965b. Studies on the *Parmelia borreri* group. *Svensk Bot. Tidskr.* 59: 37-48.
- Hale, M.E., 1970. The biology of lichens. Edward Arnold, Londres.
- Hale, M.E., 1971a. New *Parmeliae* (Lichens) from Africa. *Phytologia* 22(2): 94-96.
- Hale, M.E., 1971b. Two new species of *Parmelia* (lichens) from North America. *Phytologia* 22: 92-93.
- Hale, M.E., 1974. New species of *Parmelia* (Lichens) from Tropical America 1. *Phytologia* 28(3): 265-269.
- Hale, M.E., 1979. How to know the lichens. 2nd ed. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque.
- Hale, M.E., 1980. Taxonomy and distribution of the *Parmelia flaventior* group (Lichens: Parmeliaceae). *J. Hattori Bot. Lab.* 47: 75-84.
- Hale, M.E., 1981. Pseudocyphellae and pored epicortex in the Parmeliaceae: Their delimitation and evolutionary significance. *Lichenologist* 13(1): 1-10.
- Hale, M.E., 1984. *Flavopunctelia*, a new genus in the Parmeliaceae (Ascomycotina). *Mycotaxon* 20: 681-682.
- Hale, M.E., 1987. A monograph of the lichen genus *Parmelia* *Archarius sensu stricto* (Ascomycotina: Parmeliaceae). *Smithsonian Contr. Bot.* 66: 1-54.
- Hale, M.E. y S. Kurokawa, 1964. Studies on *Parmelia* subgenus *Parmelia*. *Contr. U.S. Natl. Herb.* 36: 121-191.
- Hedrick, J., 1935. Lichens from the Yucatan Peninsula. *Carnegie Inst. Washington Pub.* 461 (IV): 109-114.
- Heidmarsson, S., 2003. Molecular study of *Dermatocarpon miniatum* (Verrucariales). *Myco. Res.* 107(4): 459-468.
- Herrera, T. y M. Ulloa, 1990. El reino de los hongos. UNAM y Fondo de Cultura Económica, México, D. F.

- Holmgren, P.K., N.H. Holmgren y L.C. Barnett, 1990. Index Herbariorum. Part I. The herbaria of the world. 8th edition. New York Botanical Garden, Nueva York.
- Honegger, R., 1996. Morphogenesis. *In*: Nash, T.H. (ed.). Lichen biology. University Press, Cambridge.
- Judd, W.S., E.A. Kellogg y P.F. Stevens, 1999. Plant systematic: A phylogenetic approach. Sinauer Assoc., Sunderland.
- Kirk, P.M., P.F. Cannon, J.C. David y J.A. Stalpers, 2001. Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi. CAB International, Wallingford.
- Krog, H., 1982. *Punctelia*, a new lichen genus in the Parmeliaceae. *Nordic J. Bot.* 2: 287-292.
- Krog, H. y T.D.V. Swinscow, 1977. The *Parmelia borreri* group in East Africa. *Nordic J. Bot.* 24 167-177.
- Krog, H. y T.D.V. Swinscow, 1981. *Parmelia* subgenus *Amphigymnia* (lichens) in East Africa. *Bull. Brit. Mus. <Nat. Hist.>, Bot.* 9(3): 143-231.
- Kurokawa, S., 1968. *Parmelia expallida*, a new lichen species from Eastern Asia. *Bull. Natl. Sci. Mus. Tokyo* 11(2): 191-194.
- Kurokawa, S., 1984. *Parmelia parahypotropa* (Parmeliaceae, Lichens) new to Japan. *J. Jap. Bot.* 59(8): 245-246.
- Kurokawa, S., 1985a. Studies on Australian and Tasmanian species of *Parmelia* (2). *Bull. Natl. Sci. Mus. Tokyo, Ser. B*, 11(3): 77-90.
- Kurokawa, S., 1985b. A note on *Parmelia saccatiloba* (Parmeliaceae). *J. Jap. Bot.* 60(4): 120-124.
- Kurokawa, S., 1986. Further notes on *Parmelia* (Parmeliaceae) of Papua New Guinea. *Ann. Tsukuba Bot. Gard.* 5: 1-15.
- Kurokawa, S., 1987. New or noteworthy species of *Parmelia*, subgenus *Amphigymnia* (Lichens) producing alectoronic and collatolic acids. *Bull. Natl. Sci. Mus. Tokio. Ser. B*, 13(1): 11-15.
- Kurokawa, S., 1999. Notes on *Flavopunctelia* and *Punctelia* (Parmeliaceae), with description of four new species. *Bull. Bot. Gard. Toyam* 4: 25-32.
- Kurokawa, S. y R.B. Filson, 1975. New species of *Parmelia* from South Australia. *Bull. Natl. Sci. Mus. Tokio, Ser. B (Bot.)*, 1(1): 35-48.

- Kurokawa, S. y M.J. Lai, 2001. Parmelioid lichen genera and species in Taiwan. *Mycotaxon* 77: 225-284.
- Longán, A., M. Barbero y A. Gómez-Bolea, 2000. Comparative studies on *Punctelia borrieri*, *P. perreticulata* and *P. subrudecta* (Parmeliaceae, Lichenized Ascomycotina) from the Iberian Peninsula. *Mycotaxon* 74(2): 367-378.
- Lumbsch, H.T., 2002. Analysis of phenolic products in lichens for identification and taxonomy. *In*: Kranner, I., R.P. Beckett y A.K. Varma (eds.). *Protocols in Lichenology. Culturing, biochemistry, ecophysiology and use in biomonitoring.* Springer, Heidelberg.
- Maddison, D.R. y W.P. Maddison, 2000. *MacClade 4.* Sinauer Associates, Sunderland.
- Martínez, M.I., 1999. Taxonomía del género *Peltigera* Willd. (Ascomycetes liquenizados) en la península Ibérica y estudio de sus hongos liquenícolas. *Ruizia*, Monografías del Real Jardín Botánico, Tomo 15. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Mattsson, J.-E. y M. Wedin, 1998. Phylogeny of the Parmeliaceae – DNA data versus morphological data. *Lichenologist* 30(4-5): 463-472.
- Miadlikowska, J. y F. Lutzoni, 2000. Phylogenetic revision of the genus *Peltigera* (lichen-forming Ascomycota) based on morphological, chemical, and large subunit nuclear ribosomal DNA data. *Int. J. Plant Sci.* 16: 925-958.
- Molina, M.C., A. Crespo, O. Blanco, H.T. Lumbsch y D.L. Hawksworth, 2004. Phylogenetic relationships and species concepts in *Parmelia* s. str. (Parmeliaceae) inferred from nuclear ITS rDNA and β -tubulin sequences. *Lichenologist* 36(1): 37-54.
- Mc Vaugh, R., 1961. Euphorbiaceae Novae Novo-galicianaee. *Brittonia* 13: 145-205.
- Nash, T.H. y J.A. Elix, 2002. Colors and chemistry. *In*: Nash, T.H., B.D. Ryan, C. Gries y F. Bungartz (eds.). *Lichen flora of the Greater Sonoran Desert Region.* Thomson-Shore, Inc., Dexter.
- Nash, T.H., B.D. Ryan, C. Gries y F. Bungartz, 2002. *Lichen flora of the Greater Sonoran Desert Region.* Thomson-Shore, Inc., Dexter.
- Nylander, M.D., 1858. Lichenes collecti in Mexico a Fr. Müller Examinavit W. *Flora* 41: 377-381.

- Patrón, E., N. Ayala y G. Guzmán, 1985. Los líquenes de la Península de Baja California, I. Las especies conocidas. *Revista Mex. Micol.* 1: 451-463
- Purvis, O.W., 2000. Lichens. The Natural History Museum, Londres.
- Richardson, D.H.S. y C.M. Young, 1977. Lichens and vertebrates. *In*: Seaward, M.R. D. (ed.). Lichen ecology. Academic Press, Londres
- Ryan, B.D., F. Bungartz y T.H. Nash, 2002. Morphology and anatomy of the lichen thallus. *In*: Nash, T.H., B.D. Ryan, C. Gries y F. Bungartz (eds.). Lichen flora of the Greater Sonoran Desert Region. Thomson-Shore, Inc., Dexter.
- Rzedowski, J. y M. Equihua, 1987. Atlas cultural de México. Flora. SEP, INAH, Planeta, México, D.F.
- Rzedowski, J. y R. McVaugh, 1966. La vegetación de la Nueva Galicia. *Contr. Univ. Michigan Herb.* 9: 1-123.
- Sérusiaux, E., 1984. *Punctelia colombiana* sp. nov. (Parmeliaceae) from South America. *Nordic J. Bot.* 4: 717-718.
- Seymour, F.A., P.D. Crittenden y P.S. Dyer, 2005. Sex in extremes: lichen-forming fungi. *Mycologist* 19(2): 51-58.
- Sipman, H. y R.J.M.T. van Aabel, 1992. New Parmeliaceae (Lichens) from the Guianas and surroundings. *Mycotaxon* 44(1): 1-12.
- Stenroos, S., 1991. The lichen genera *Parmelia* and *Punctelia* in Tierra del Fuego. *Ann. Bot. Fennici* 28: 241-245.
- Stenroos, S., T. Ahti y J. Hyvönen, 1997. Phylogenetic analysis of the genera *Cladonia* and *Cladina* (Cladoniaceae, lichenized Ascomycota). *Pl. Syst. Evol.* 207: 43-58.
- Stenroos, S., J. Hyvönen, L. Myllys, A. Thell y T. Ahti, 2002. Phylogeny of the genus *Cladonia* s.lat. (Cladoniaceae, Ascomycetes) inferred from molecular, morphological, and chemical data. *Cladistics* 18: 237-278.
- Swinscow, T.D.V. y H. Krog, 1988. Macrolichens of East Africa. British Museum, Londres.
- Swofford, D.L., 2000. PAUP*, phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods). Version 4. Sinauer Associates, Sunderland.
- Tehler, A., 1996. Systematics, phylogeny and classification. *In*: Nash, T.H. (ed.). Lichen biology. University Press, Cambridge.

- Truong, C. y P. Clerc, 2003. The *Parmelia borrieri* group (lichenized Ascomycetes) in Switzerland. *Bot. Helv.* 113(1):49-61.
- Ulloa, M., 1991. Diccionario ilustrado de micología. UNAM, México, D.F.
- Ulloa, M. y R.T. Hanlin, 2000. Illustrated dictionary of mycology. APS Press, Minnesota.
- Vareschi, V., 1962. Resultados liquenológicos de excursiones efectuadas en Venezuela. *Act. Biol. Venez.* 3: 201-232.
- Wedin, M., H. Döring y J.E. Mattsson, 1999. A multi-gene study of the phylogenetic relationships of the Parmeliaceae. *Mycol. Res.* 103(9): 1185-1192.
- Welden, A.L., L. Dávalos y G. Guzmán, 1979. Segunda lista de los hongos, líquenes y mixomicetos de las regiones de Uxpanapa, Coatzacoalcos, Los Tuxtlas, Papaloapan y Xalapa (México). *Bol. Soc. Mex. Micol.* 13: 151-161.
- Wilhelm, G. y D. Ladd, 1987. *Punctelia perreticulata* a distinct lichen species. *Mycotaxon* 28(1): 249-250.
- Wilhelm, G. y D. Ladd, 1992. A new species of the lichen genus *Punctelia* from the Midwestern United States. *Mycotaxon* 44(2): 495-504.

TABLA 1. Especímenes estudiados* para el análisis filogenético de *Flavopunctelia* y *Punctelia*.

Especie	Recolector, número y herbario	Localidad	Fecha de recolección
<i>Flavopunctelia darrowii</i> (J.W. Thomson) Hale	T. H. Nash 37137 (ASU)	EUA	Nov. 24, 1995
<i>F. flaventior</i> (Stirt.) Hale	L. Guzmán-Dávalos 4505 (IBUG)	Zacatecas	Sept. 1988
<i>F. flaventior</i>	H. Fierros 10 (IBUG)	Jalisco	Enero 16, 1993
<i>F. flaventior</i>	M. Garza 176 (IBUG)	Jalisco	Ag. 17, 1986
<i>F. flaventior</i>	M. E. Serafín s.n. (HUAA)	Aguascalientes	Sep. 25, 1996
<i>F. flaventior</i>	M. E. Hale 57920 (US)	EUA	Julio 25, 1980
<i>F. flaventior</i>	M. E. Hale 49771 (US)	EUA	Ag. 16, 1977
<i>F. praesignis</i> (Nyl.) Hale	L. Guzmán-Dávalos 8449 (IBUG)	Jalisco	Marzo 11, 2001
<i>F. praesignis</i>	L. Guzmán-Dávalos 4490	Jalisco	Sept. 14, 1998
<i>F. praesignis</i>	S. Bourgeau 1361, her. Nylander no. 35064, holotipo (H)	Valle de México	Agosto 16, 1865
<i>F. praesignis</i>	R. D. Worthington 25462 (ASU)	EUA	Abril 14, 1996
<i>F. praesignis</i>	S. Acosta 126 (ENCB)	Zacatecas	Junio 1, 1978
<i>F. soledica</i> (Nyl.) Hale	O. Rodríguez 2316 (IBUG)	Jalisco	Ag. 30, 2000
<i>F. soledica</i>	S. Bourgeau s.n., her. Nylander no. 35728, holotipo (H)	Canadá	1859
<i>F. soledica</i>	T. H. Nash 38606 (ASU)	EUA	Nov. 21, 1995
<i>F. soledica</i>	G. Rodríguez 573 (ENCB)	Zacatecas	Ag. 16, 1982
<i>P. bolliana</i> (Müll. Arg.) Krog	R. D. Worthington 28832 (ASU)	EUA	Mayo 4, 2000
<i>P. borreri</i>	H. Krog 4K33/101 (O)	Kenya	Sept., 1976
<i>P. hypoleucites</i> (Nyl.) Krog	I. Álvarez 703 (IBUG)	Jalisco	Sept. 6, 1990
<i>P. hypoleucites</i>	I. Álvarez 1438 (IBUG)	Nayarit	Oct. 7, 1996
<i>P. hypoleucites</i>	I. Álvarez 1494 (IBUG)	Zacatecas	Ag. 1, 1996
<i>P. hypoleucites</i>	H. Arreola 333 (IBUG)	Jalisco	Mayo 17, 1986
<i>P. hypoleucites</i>	M. L. Fierros 915 (IBUG)	Jalisco	Ag. 16, 1995
<i>P. hypoleucites</i>	L. Guzmán-Dávalos 341 (ENCB)	Jalisco	Ag. 16, 1982
<i>P. hypoleucites</i>	H. Krog 2K19/115 (O)	Kenya	Feb., 1973
<i>P. perreticulata</i> (Räsänen) G. Wilh. & Ladd	I. Álvarez 294 (IBUG)	Jalisco	Sept. 11, 1988
<i>P. perreticulata</i>	I. Álvarez 710 (IBUG)	Jalisco	Sept. 6, 1990
<i>P. perreticulata</i>	I. Álvarez 1583 (IBUG)	Jalisco	Julio 27, 1996
<i>P. perreticulata</i>	I. Álvarez 1282 (IBUG)	Zacatecas	Feb. 5, 1996
<i>P. rudecta</i> (Ach.) Krog	I. Álvarez 1382 (IBUG)	Jalisco	Ag. 3, 1996
<i>P. rudecta</i>	H. Krog K49/106 (O)	Kenya	Feb., 1972
<i>P. rudecta</i>	H. Krog & H. Østhaugen 1976	Isla Canarias	Mayo 4, 1976
<i>P. semansiana</i> (W. L. Culb. & C. F. Culb.) Krog	T. H. Nash 42749 (ASU)	EUA	Abril 10, 1999.
<i>P. subpraesignis</i> (Nyl.) Krog	H. Krog T16/137 (O)	Tanzania	Feb., 1974
<i>P. subrudecta</i> (Nyl.) Krog	I. Álvarez 1425 (IBUG)	Nayarit	Oct. 7, 1996
<i>P. subrudecta</i>	I. Álvarez 835 (IBUG)	Jalisco	Julio 23, 1992
<i>P. subrudecta</i>	T. H. Nash 30159 (ASU)	Sinaloa	Marzo 14, 1985
<i>P. subrudecta</i>	H. Krog s.n. (O)	Gran Bretaña	Sept. 1, 1971
<i>Cladonia jaliscana</i> Ahti & Guzm.-Dáv.	L. Guzmán-Dávalos 3034 (IBUG)	Jalisco	Feb. 5, 1986
<i>Dermatocarpon minutum</i> (L.) W. Mann	F. López 14 (IBUG)	Jalisco	Julio. 2, 1992
<i>Diploschistes diacapsis</i> (Ach.) Lumbsch	T. H. Nash 38221 (ASU)	Baja California	Dic. 30, 1995
<i>D. scruposus</i> (Schreber) Norman	S. R. Olszewski 4946i (ASU)	EUA	Ag. 31, 1999
<i>Heterodermia hypoleuca</i> (Ach.) Trevis.	L. Guzmán-Dávalos 3229 (IBUG)	Jalisco	Julio. 30, 1986

<i>Lasallia papulosa</i> (Ach.) Llano	G. Guzmán 31472 (XAL)	Veracruz	Junio. 1, 1996
<i>Melanelia subolivacea</i> (Nyl.)	L. Sigal & T. H. Nash 15472 (ASU)	EUA	Mayo 18, 1979
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	E. C. Uebel U-325N (ASU)	EUA	Ag. 19, 2001
<i>Parmotrema perforatum</i> (Ach.) Massal.	O. Rodríguez 1085 (IBUG)	Jalisco	Ag. 29, 1994
<i>Pseudevernia consocians</i> (Vain.) Hale & W. L. Culb.	A. Zamarrita s.n. (IBUG)	Jalisco	Sept. 24, 1988
<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.	L. Guzmán-Dávalos 3762 (IBUG)	Jalisco	Junio. 21, 1987
<i>Solorina</i>	L. Guzmán-Dávalos 4454 (IBUG)	Jalisco	Sept. 14, 1988
<i>Sticta fuliginosa</i> (Dicks.) Ach.	I. Álvarez 1119 (IBUG)	Jalisco	Julio 27, 1995
<i>Teloschistes exilis</i> (Michx.) Vain.	L. Guzmán-Dávalos 5815 (IBUG)	Jalisco	Oct. 24, 1993

*Ver además la lista de materiales estudiados bajo cada especie del capítulo 1.

TABLA 2. Lista de los caracteres y estados de carácter utilizados en el análisis filogenético de *Flavopuntelia* y *Punctelia*

1. Crecimiento	10. Venas
0. costroso	0. ausente
1. folioso	1. presente
2. fruticuloso	
3. escuamuloso	11. Ombligo
	0. ausente
2. Fotobionte dominante	1. presente
0. clorofícea	
1. cianobacteria	12. Tomento
	0. ausente
3. Talo amarillo anaranjado	1. presente
0. ausente	
1. presente	13. Cifelas
	0. ausentes
4. Corteza inferior	1. presentes
0. ausente	
1. presente	14. Pseudocifelas
	0. ausentes
5. Color de la corteza inferior	1. presentes
0. blanquecina	
1. café	15. Posición de las pseudocifelas
2. negra	0. cara superior
3. blanquecina a negruzco	1. cara inferior
6. Color del margen	16. Soralios laminares
0. concolor con la cara inferior	0. ausentes
1. de otro color	1. presentes
7. Color de la médula	17. Soralios marginales
0. blanca	0. ausentes
1. amarilla	1. presentes
8. Rizinas	18. Isidios
0. ausentes	0. ausentes
1. centro	1. presentes
2. centro y margen	
	19. Apotecios
9. Cilios	0. ausente
0. ausentes	1. presente
1. presentes	

20. Apotecios perforados

- 0. ausente
- 1. presente

21. Ascosporas

- 0. amerospora
- 1. didimospora
- 2. dictiospora

22. Amerosporas

- 0. simples
- 1. polariloculares

23. Podecio

- 0. ausente
- 1. presente

24. Peritecio

- 0. ausente
- 1. presente

25. Picnidios

- 0. ausentes
- 1. presentes

26. Picnidiosporas

- 0. filiformes
- 1. unciformes
- 2. bifusiformes
- 3. sublageniforme

27. Atranorina

- 0. ausente
- 1. presente

28. Ácidos grasos

- 0. ausente
- 1. presente

29. Ácido caperático

- 0. ausente
- 1. presente

30. Ácido didímico

- 0. ausente
- 1. presente

31. Ácido girofórico

- 0. ausente
- 1. presente

32. Ácido lecanórico

- 0. ausente
- 1. presente

33. Ácido norstístico

- 0. ausente
- 1. presente

34. Ácido tamnólico

- 0. ausente
- 1. presente

35. Ácido úsnico

- 0. ausente
- 1. presente

36. Ácido protoliquesterínico

- 0. ausente
- 1. presente

37. Ácido difractaico

- 0. ausente
- 1. presente

38. Ácido salazínico

- 0. ausente
- 1. presente

39. Zeorina

- 0. ausente
- 1. presente

40. Ácido diplosquistésico

- 0. ausente
- 1. presente

