

60



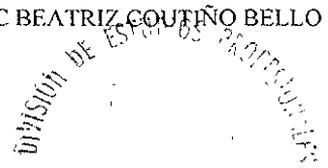
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

Análisis de la determinación liquénica de algunas especies del género *Sticta*, recolectadas en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A:
JOSÉ S. ESCAMILLA GUTIÉRREZ



DIRECTORA DE TESIS: M EN C BEATRIZ COUTIÑO BELLO



2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
ESTADO DE GUERRERO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE GUERRERO
FACULTAD DE CIENCIAS

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "Análisis de la determinación líquénica de algunas especies del género Sticta, recolectados en el Parque - - Nacional "El Chico", Hgo."

realizado por ESCAMILLA GUTIERREZ JOSE SEVERINO

con número de cuenta 8417651-0 , pasante de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio

Atentamente

Director de Tesis M. EN C. BEATRIZ REYNA COUTIÑO BELLO *[Firma]*
Propietario

Propietario M. EN C. TANIA JIMENEZ NAJERA *[Firma]*

Propietario M. EN C. ANGEL MORENO FUENTES *[Firma]*

Suplente DR. SIGFRIDO SIERRA GALVAN *[Firma]*

Suplente BIOL. RICARDO GARCIA SANDOVAL *[Firma]*

FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM.

Consejo Departamental de Biología

[Firma]

DR. EDNA MARIA SUAREZ DIAZ



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

AGRADECIMIENTOS

Muy especialmente a la M. en C. Beatriz Coutiño Bello por su enseñanza profesional y su amistad con los que me ayudó a crecer.

A los miembros del jurado por el tiempo y atención asignados a la revisión de este trabajo.

A la doctora María Antonieta Aladro Lubel coordinadora del Laboratorio de Protozoología, por las facilidades materiales para la elaboración de la sección correspondiente a los estudios micromorfométricos del presente trabajo.

A la Bióloga Ana luisa Montañez Colín por sus aportaciones.

A la doctora María Luisa Fanjul Peña coordinadora del Laboratorio de Neurofisiología comparada y a todo su equipo humano por su apoyo.

A Javier Santamarina por su apoyo.

DEDICATORIA

A mi papá y mi mamá.

A la familia Escamilla.

A mi hermano Abigaín

A mis queridos Santiago Alberto I. C. y Susana Nolasco P.

INDICE

1 Introducción.	1
2 Objetivos	2
3 Justificación	3
4 Antecedentes	4
4.1 Antecedentes Históricos	4
4.2 Antecedentes Liqueńicos	5
4.3 Elementos Ascohimenciales	6
4.4 Determinaci3n de Sustancias Liqueńicas	6
5 Ubicaci3n Taxon3mica del g3nero <i>Sticta</i>	10
5.1 Descripci3n del G3nero <i>Sticta</i>	12
6 Zona de Estudio	13
6.1 Localizaci3n Geogr3fica	14
6.2 Características Geomorfol3gicas	14
6.3 Características Climáticas	17
6.4 Características Ecol3gicas	18
7 Materiales y M3todos	20
7.1 Zona de Colecta	20
7.2 Proceso de Determinaci3n	21
7.3 Identificaci3n de las Sustancias Liqueńicas	22
8 Resultados	24
8.1 Aspectos generales	24
8.2 Descripci3n de las Especies Estudiadas	31
9 Discusi3n	36
10 Conclusiones	39
11 Bibliograf3a	40

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los temas sobre conservación de la biodiversidad terrestre y el uso sustentable de los recursos naturales forman parte del discurso habitual de cualquier sociedad. Sin embargo, la complejidad de sus causas evita, a corto plazo, la conquista de los objetivos demandados por la población y, mientras tanto, la biota mundial enfrenta pérdidas muy significativas.

Entre las acciones emprendidas por el gobierno mexicano (SEMARNAP, 1996) para atender los compromisos de un país considerado megadiverso, ha pactado varios compromisos internacionales, diseñado algunas leyes en la materia y decretado varias Áreas Naturales Protegidas. Entre ellas se cuentan los Parques Nacionales, consideradas como entidades representativas de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas del país. Independientemente de otras finalidades, estas áreas proporcionan las condiciones y las referencias adecuadas para realizar labores de investigación científica (Coutiño, comunicación personal, 1999).

El interés por profundizar en el conocimiento de los líquenes mexicanos, sumado a los argumentos antes mencionados, brindaron los criterios para definir la finalidad, el sitio y los detalles de este trabajo. Al igual que la decisión de poner en práctica las técnicas convencionales de identificación taxonómica en algunas especies liquénicas del género *Sticta*, las cuales habitan ecosistemas boscosos poco alterados.

Como dichas condiciones se presentan en este Parque Nacional ("El Chico"), y se perciben con una permanencia prolongada, propician los elementos para dar continuidad a estudios florísticos y ecológicos que revelen datos integrales acerca de estos elementos de la biota nacional, y que hasta la fecha permanecen poco explorados, aunque acumulan información biológica y económica trascendental.

2 OBJETIVOS

- Aportar información sobre la flora macroliquénica mexicana, en particular la integrante de la biota del Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.
- Recopilar y analizar los datos biogeográficos que detallan las características y ciertos propósitos de este Parque Nacional.
- Resumir los antecedentes sobresalientes del desarrollo de la disciplina liquenológica, a nivel nacional e internacional.
- Definir algunos aspectos macro y micromorfológicos que, junto con otros caracteres, faciliten la diferenciación taxonómica de las especies pertenecientes al género *Sticta*.
- Lograr la determinación taxonómica de los especímenes recolectados para aportar información acerca del género.
- Revisar la información bibliográfica referente a este género, y detectar las inconsistencias que se reflejan en las especies mexicanas.
- Examinar los ejemplares del género *Sticta* depositados en los Herbarios MEXU, FCME, EBUM, ENBC y XAL.

3 JUSTIFICACIÓN

Al igual que en otros países subdesarrollados ubicados en las zonas tropicales del mundo, la flora liquenológica mexicana, a pesar de su diversidad, permanece bastante desconocida para los naturalistas. Independientemente de haberse generalizado los discursos referentes a la crisis ambiental y aquellos relativos a la conservación de la diversidad biológica, los bosques mexicanos siguen desapareciendo a un ritmo alarmante y, con ellos, otros miembros de dichos ecosistemas, aunque estén comprendidos en algunos Parques Nacionales. Dicha circunstancia obedece a factores numerosos y complejos, entre los cuales se hallan algunos muy vinculados con este trabajo, tales como:

- los elementos líquénicos de la biota pasan desapercibidos para los ecólogos, y aún para muchos biólogos
- el aislamiento de la disciplina liquenológica del quehacer micológico y la poca importancia otorgada a los líquenes en los contenidos académicos
- las dificultades para rescatar la información científica obtenida en otros países, generalmente enfocada a la flora líquénica propia de regiones templadas y frías
- la escasez de literatura y claves específicas, además del número tan reducido de especialistas, retrasan la determinación taxonómica de las especies que habitan los ecosistemas mexicanos.

Bajo estas circunstancias, y a partir de los especímenes recolectados en el Parque Nacional de El Chico, surge la disposición de efectuar un estudio que participe del desarrollo de la liquenología mexicana. Particularmente, profundizando en la descripción de especies pertenecientes al género *Sticta*, cuyos estudios quedan relegados en la bibliografía de esta disciplina.

Además de concordar con lo expresado por Richardson (1988), en este taxón existen numerosas interrogantes que merecen ser investigadas. Entre ellas, las referentes a la identificación taxonómica de nuevas especies macro y microlíquénicas, atendiendo a su distribución, ecofisiología y fitoquímica, o bien, aquellas encaminadas a profundizar en los diferentes aspectos de su aprovechamiento en la industria farmacéutica, alimentaria, textil o cosmética.

4 ANTECEDENTES

4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La literatura especializada en esta materia se destaca por contar con muy pocas referencias acerca del notable conocimiento liquénico alcanzado por las distintas culturas ancestrales del mundo. En contraste, se hallan bien sistematizados los datos obtenidos durante los siglos XVIII y XIX por varios botánicos europeos dedicados al estudio de los líquenes. Entre ellos destaca la publicación de Acharius en 1814 "Synopsis Methodica Lichenum", la cual sienta las bases metodológicas que formalizaron estos estudios (Hale, 1974).

Aunque Tulasne en 1852 ya describe la naturaleza dual de la asociación liquénica, fue incomprendido por los botánicos de la época. Hasta 1868 surge el reconocimiento inicial de la simbiosis liquénica, con el trabajo del botánico suizo Schwendener, quien precisa la unión biológica existente entre un hongo y un alga (ahora denominada fotobionte) para formar una nueva entidad biológica llamada líquen (Theler, 1996).

El primer reporte escrito acerca de la flora liquénica de México, data del siglo XVI, "La Historia Natural de Nueva España" de Don Francisco Hernández. Aunque el estudio metódico de los líquenes se remonta a 1788, cuando Don Vicente Cervantes los trabaja en el Jardín Botánico de México (Godínez y Ortega, 1989).

A partir de 1930 se distinguen las investigaciones realizadas por el Maestro Manuel Ruíz Oronóz, en el Instituto de Biología de la UNAM. Durante 1935, se publica "Los Líquenes del Valle de México" que comprende a las 220 especies estudiadas por Adrián Gilbert, tomando como base una revisión bibliográfica que incluye las obras clásicas europeas del siglo XIX; además de otras relativas a los líquenes norteamericanos del siglo XX. La continuación de este tipo de trabajos aparece hasta 1958, correspondiendo al estudio de algunos líquenes del Distrito Federal que realizara el profesor Oscar Sánchez en la Escuela Normal Superior, cuyos ejemplares se encuentran depositados en los Herbarios MEXU y ENCB. Años más tarde, cobra importancia la labor de equipo del Dr. Gastón Guzmán, L. Dávalos, M. González de la Rosa y F. Brizuela, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN, cuyas publicaciones contribuyeron al avance significativo de esta disciplina (Godínez y Ortega, 1989).

Entre los trabajos realizados durante la década de los 80's, se mencionan las publicaciones de B. Coutiño y A. Mojica de la Facultad de Ciencias de la UNAM, dedicadas a los líquenes de los Estados de Hidalgo y Veracruz (Coutiño y Mojica 1982, 1985); además de los referentes a las exploraciones realizadas en Chiapas y Jalisco, por L. Guzmán-Dávalos e I. Alvarez en 1987, del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (Godínez y Ortega, 1989).

A lo largo de la última década, se han constituido otros grupos de investigación en distintas universidades, dedicados al estudio de la flora liquénica regional. Entre ellos, el que trabaja en ECOSUR (Colegio de la Frontera Sur) destinado fundamentalmente al estado de Chiapas, así como el que participa en la Flora del Desierto de Sonora.

Actualmente, la literatura mundial especializada reconoce la existencia de más de 16,000 especies líquénicas, que en su mayoría corresponden a hongos ascomicetos liquenizados, cuyas asociaciones comprenden a 40 géneros algales y a ciertas cianobacterias. Dicho reconocimiento taxonómico generalmente se basa en descripciones que rescatan los caracteres anatómicos, químicos y ecológicos de las especies, dadas las dificultades para estudiar a los líquenes íntegros bajo condiciones de laboratorio. En parte, dicha situación es debida a las dificultades para lograr cultivos aislados; tal como ocurre con *Sticta* (Shreber) D.C., *Lobaria* (Shreber) Hoffm. y *Peltigera* (Willd.), quizás por la alta especialización nutritiva del micobionte (Scott, 1973).

Si bien, durante las últimas décadas, los estudios bioquímicos y ultraestructurales de algunos géneros y especies han sido importantes en el avance de la liquenología, otros investigadores como De Priest (1995), han emprendido el estudio del genoma fúngico para incorporar ciertos elementos genéticos y moleculares (ADN y ARNr), al análisis taxonómico del género *Cladonia* (Brownie).

Al igual que en otras disciplinas biológicas, el progreso de estos estudios muestra desigualdades entre los diferentes géneros, como es el caso de *Sticta* que está muy poco representada en los reportes científicos recientes.

4.2 ANTECEDENTES LIQUÉNICOS

Un líquen está constituido por la asociación simbiótica de tipo mutualista, entre un hongo (micobionte) y un ser fotosintético (fotobionte), que puede ser un alga o una cianobacteria. Aunque algunos líquenes integran a dos o más especies de organismos (Ahmadjian 1993). No obstante, a lo largo de décadas se ha discutido y tratado de esclarecer el modelo de asociación líquénica, sin lograrse revelaciones que llevaran a una definición aceptable para la mayoría de los especialistas.

Otros autores, como Farrar (1976), consideran al organismo líquénico como un ecosistema en miniatura, por ser mucho más complejo que la simple asociación entre un micobionte y un fotobionte habituados a realizar sus funciones de manera armónica, y por estar frecuentemente asociados con otros seres vivos, como ciertas bacterias de vida libre.

En la actualidad se han registrado miles de especies líquénicas de distribución cosmopolita, sobre casi cualquier tipo de sustrato conocido: roca, suelo, corteza y hojas de árboles o arbustos, así como en muchos objetos inanimados; ya sea en zonas desérticas, bordes acuáticos, en los trópicos, bosques, zonas polares, e inclusive en el mar.

Por su parte Galloway (1996), señala la riqueza líquénica de la zona Neotropical (Sudamérica, México e Islas del Caribe) y destaca la presencia frecuente de especies endémicas, muchas de las cuales corresponden a *Lobaria* y *Sticta*, cuya taxonomía espera ser resuelta junto con la de otros elementos de la biota de bosques tropicales y templados, escasamente estudiados.

Ahmadjian (1993) reporta que el micobionte envuelve por completo a los elementos fotobiónticos de tipo Clorofita, para establecer una relación metabólica más directa, a veces mediante haustorios. Nash (1996) señala que, aunque se sabe que el micobionte funciona como reservorio de nutrientes inorgánicos, todavía se desconocen con precisión los mecanismos bioquímicos y fisiológicos por los que éstos son transferidos al fotobionte.

En términos generales, y dada la importancia del flujo de carbohidratos del fotobionte hacia el micobionte, se han reportado a los polioles en el caso de algas verdes y a la glucosa procedente de las cianobacterias por Smith y Douglas en 1987 (Nash, 1996). Según Huneck (1973), en el género *Sticta* se ha comprobado el traslado rápido de carbohidratos en forma de glucosa, de *Nostoc* al micobionte.

La integración fisiológica de la simbiosis liquénica es ejemplar, gracias a la organización del talo, donde el micobionte ocupa la mayor parte, denominado macrobionte, y la actividad del fotobionte, también llamado microbionte por su presencia reducida. Por la morfología del talo, tipo de estratificación y estructuras de fijación, los líquenes son denominados: gelatinosos, costrosos, foliosos y fruticosos (Coutiño 1986).

Entre los líquenes foliosos, Büdel y Scheidegger (1996) reconocen a los lacinados que son típicamente foliosos y con lóbulos, cuya superficie inferior está recubierta de rizinas, cilios o tomento que les sirven para adherirse al sustrato, algunos son conspicuos como *Sticta* y *Pseudocyphellaria* (Vainio), los cuales se encuentran en bosques templados y tropicales, aún poco estudiados.

Particularmente el género *Sticta* presenta un talo estratificado de tipo folioso, cuyas hifas se alargan en la corteza inferior para fijarse al sustrato, donde el micobionte es un ascomiceto que participa en la reproducción sexual con estructuras de tipo apotecio. En tanto que la reproducción asexual puede efectuarse por la fragmentación del talo, o típicamente mediante propágulos vegetativos, soredios e isidios.

Algunos líquenes tienen más de un elemento fotosintético, el socio principal generalmente es una clorofita, y el secundario una cianobacteria (fijadora de N atmosférico), que se agrupa en estructuras denominadas cefalodios. De acuerdo con Jahns (1973), la formación de ellos está genéticamente determinada y tiene valor taxonómico, por ser frecuente en las familias Stereocaulaceae, Caliciaceae, Lecideaceae y Peltigeraceae. A esta última, corresponden los géneros *Lobaria* y *Sticta*, donde aparte de los cefalodios externos, se observan otros internos en la médula del talo, formados por cianobacterias tipo *Nostoc*.

4.3 ELEMENTOS ASCOHIMENIALES

El género *Sticta* es integrante de los llamados Ascolíquenes, por presentar comúnmente apotecios muy similares a los encontrados en hongos ascógenos de vida libre. Pero sólo se ha estudiado el desarrollo de estos ascomas en 15 discolíquenes (Letrouit-Galinou, 1973).

A veces, el epitecio muestra un aspecto característico; el disco puede estar cubierto por pruna; el margen de éste se designa como lecanorino (biatorino o talino) y lecidíneo (propio), dependiendo de la presencia o ausencia de elementos fotobióticos, respectivamente. Según Letrouit-Galinou (1973), al igual que otros ascomicetos, los ascomas líquénicos constan de tres partes:

1. Himenio.- Con ascas inoperculadas de pared gruesa y doble al madurar, generalmente – aviformes con dehiscencia rostrada o bivalvada, y filamentos estériles intercalados (paráfisis) que se producen en el subhimenio para proyectarse en la misma dirección de las ascas. A veces existen pseudoparáfisis, filamentos libres o anastomosados que no desaparecen con la maduración de las ascas, producidos por el epihimenio.
2. Subhimenio.- Solamente contiene filamentos estériles.
3. Excípulo.- También llamado margen, consta de hifas estériles que se vuelven más complejas en el himenio y subhimenio.

Según Poelt (1973), las ascosporas han sido muy utilizadas para distinguir la relación sistemática de los taxa principales, aunque con valor cambiante dependiendo de la introducción de otros caracteres. Virtualmente todos los hongos liquenizados tienen ocho ascosporas por asca, mostrando predominio por las formas elipsoidales, incoloras y carentes de ornamentación, cuyo tamaño y número de septos sólo complementan la determinación de especies o de un grupo de ellas.

4.4 DETERMINACIÓN DE SUBSTANCIAS LIQUENICAS

Como una de las manifestaciones de su integración fisiológica, los líquenes sintetizan un rango amplio de ácidos líquénicos o metabolitos secundarios, también llamados externos por quedar depositados en el exterior de las hifas, los cuales son extraídos con solventes orgánicos. Pueden ser derivados de la vía metabólica del acetilpolimalonil; o bien, de las rutas metabólicas del ácido shikímico y del ácido mevalónico. Aunque, Culberson y Elix en 1989 reconocen también el papel clave de los para-depsidos, como precursores potenciales (o intermediarios biosintéticos) de los meta-dépsidos, depsonas, difenil éteres, depsidonas y dibenzofuranos (Elix 1996).

Hasta la fecha se han detectado más de 630 metabolitos secundarios, casi exclusivos de los líquenes; aunque algunos se encuentran en otros hongos o plantas superiores (Elix, 1996). Incluso, ciertos compuestos líquénicos han sido aislados de hongos no liquenizados, como el ácido norsolorínico de *Solorina crocea* que se ha detectado en *Aspergillus versicolor* y *A. parasitica* (Hamasaki *et al.*, 1967).

Por todo ello, los datos químicos de cada ejemplar siempre acompañan los reportes monográficos y las descripciones taxonómicas de las especies líquénicas. Esta rutina concuerda con lo señalado por Elix y Crook en 1992, muchos de los metabolitos líquénicos secundarios desempeñan un papel dominante en la clasificación y la sistemática de este taxón (Elix, 1996).

La presencia de algunos pigmentos líquénicos, característicos de ciertos ejemplares, fueron detectados desde épocas remotas por diversos grupos étnicos. Muchos de los cuales se utilizaron como colorantes naturales para textiles diversos. Durante el siglo XVIII, dicha información es integrada en la taxonomía líquénica, estableciendo las bases referentes a la aplicación de esos pigmentos como indicadores químicos; además de admitirse el color del talo como un carácter genérico o específico. Esta práctica puede ejemplificarse con la atranorina encontrada en la corteza del género *Phycia*, substancia que confiere al talo un color gris verdoso; o bien, el color amarillo del talo de *Xanthoria*, se debe al pigmento cortical naranja de la parietina.

Al iniciarse esta ciencia, las características químicas de los ejemplares quedaron como aportaciones significativas en la distribución de los taxa, sumadas a las cualidades anatómicas. Posteriormente, las técnicas fitoquímicas fueron adaptadas para lograr la identificación de los metabolitos secundarios de tipo extracelular (ácidos líquénicos), para incorporarse como caracteres fundamentales en la taxonomía líquénica.

En la década de 1860, Nylander detectó la presencia de varias sustancias líquénicas no pigmentadas, las cuales sólo se revelan en el talo por la aplicación específica y directa de reactivos químicos que causan cambios inmediatos de color, evidenciando la distribución heterogénea de las sustancias líquénicas; pues sólo se hallan en ciertas partes del talo. Estas pruebas, también llamadas de reacción inmediata, utilizan soluciones de Iodo (I), Hidróxido de Potasio (K), e Hipoclorito de Calcio (C). Posteriormente se integraron otros reactivos, como KC (aplicación de la solución K seguida por C) y CK (con aplicación inversa), o bien, la Parafenilediamina (P).

Los resultados de estas pruebas, expresados como (-) ó (+), además de precisar el color, en la actualidad forman parte de los reportes científicos, basados en la aplicación de métodos fitoquímicos propios de la taxonomía líquénica. La aplicación directa de los reactivos, no sólo indica la presencia de los compuestos, sino también dan un indicio acerca de la naturaleza química de dicha sustancia (Elix, 1996).

La literatura sólo reporta la presencia de un pigmento rojo violeta que la corteza inferior de *Sticta* y *Pseudociphellaria*, el cual corresponde al ácido polipórico, derivado de la ruta bioquímica del ácido shikímico (Huneck, 1973). En cambio, la depsidona P+ (amarillo-rojo) correspondiente al ácido stíctico, nunca ha sido detectado en especies del género *Sticta*, aunque su presencia es significativa en varios géneros líquénicos (Scott, 1973).

La bibliografía registra los antecedentes de esos métodos fitoquímicos particulares, entre ellos la publicación de Zopf en 1907, "Die Flechtenstoffe", donde se describen más de 150 compuestos liquénicos (Elix, 1996). Durante los años 1930's, Asahina y colaboradores, mediante estudios meticulosos, logran la descripción estructural de varios metabolitos frecuentes en los líquenes (Asahina y Shibata, 1954). Además, Asahina creó la técnica de microcristalización, a partir de extractos liquénicos que mostraron su persistencia al obtenerse en fragmentos de talos herborizados (Asahina y Shibata, 1954). Este proceso fue sustituido por métodos cromatográficos que aportan datos más precisos.

En el periodo 1952-1956, el químico sueco Wachtmeister, adapta la técnica de cromatografía en papel para identificar los ácidos liquénicos y sus productos hidrolizados, revelando la complejidad química de muchas especies liquénicas. Pero, por su baja resolución, los problemas prácticos tuvieron que ser superados con la cromatografía en capa fina (TLC). Técnica que recibió un gran impulso con las aportaciones de los Doctores Culberson y sus colaboradores, según lo reportado por Culberson en 1972, Culberson y Johnson en 1976, Culberson y Amman en 1979 y Culberson *et al.* en 1981, quienes determinaron con precisión el Rf de distintos metabolitos liquénicos, en relación a ciertos controles, desarrollando un método estandarizado para identificarlos con exactitud (Elix, 1996).

En este contexto, Culberson y Kristinsson (1970) publicaron un método estandarizado para identificar 104 ácidos liquénicos, utilizando la cromatografía de capa fina que precisa el Rf de cada uno de ellos en relación a los controles establecidos, generalmente los ácidos norstístico y atranorínico. A partir de esa metodología, ellos reportan la existencia de 300 sustancias peculiares encontradas en 2,000 especies liquénicas.

Este método es ampliamente utilizado en la identificación de esos metabolitos para propósitos taxonómicos. Aunque en años recientes, empieza a ser desplazado por las técnicas denominadas de cromatografía líquida de alta resolución, por siglas en inglés HPLC, que aporta información más precisa.

5 UBICACIÓN TAXONÓMICA DEL GENERO *Sticta* (Schreb.) D. C.

La taxonomía líquénica ha experimentado distintas modificaciones. Por ejemplo, Linneo en el siglo XVIII, reconoció 80 especies dentro de un solo género, Lichen. Durante 1869, Schwendener logra un cambio trascendental para estos estudios, al reconocer la naturaleza dual del individuo líquénico formado por fotobionte y micobionte.

Independientemente de los avances logrados en esta materia, las investigaciones micológicas todavía encuentran complicaciones para integrar las peculiaridades líquénicas en esos estudios, lo que favorecería el avance de esta disciplina. No obstante, Santesson en 1952 ya los integraba al sistema fungal, catalogándolos como hongos liquenizados (Poelt, 1973). Actualmente se reconocen casi 16,000 especies de ellos, cerca de la mitad de los ascomicetos conocidos, donde se agrupa al 75% de los hongos registrados.

Según Hawksworth *et al.* (1993), en la actualidad se les considera en:

Reino Fungi

División Eumycota

Subdivisión Dicaryomycotina

Clase Ascomycetes

Subclase Euascomycetidae

Orden Lecanorales. Según Poelt (1973), con base en el trabajo clásico de Ainsworth de 1971, lo describe: Talo costroso, folioso o fruticoso. Apotecios rara vez ausentes, generalmente solitarios, disco circular abierto y bien desarrollado con anfitecio radiado en la mayoría de las especies. Parafisos a menudo ensanchados en el ápice. Ascas de cubierta gruesa generalmente I+ (azul). Esporas polimórficas. Sobre diversos sustratos en todas las zonas.

Suborden Peltigerinae. También descrito por Poelt (1973). Talo folioso que puede alcanzar gran tamaño, fruticoso pequeño o granular escuamuloso, la corteza con células paraplectenquimatosas grandes. Presentan cianobacterias o algas verdes, pero si son clorofíceas generalmente con defalodios de cianobacterias. Apotecios inmersos o sésiles, más o menos hemiangiocárpicos. Comúnmente sus parafisos son libres y sin ramificar. Ascas con un anillo I+ (azul), o bien, I-. Generalmente ascosporas con varios septos transversales, y café cuando maduran. Fulcras con células largas o cortas. Sobre varios sustratos, aunque prefieren hábitats húmedos. Muchas especies sorediadas.

Familia Lobariaceae Chev. (Stictaceae Zahlbr.). Talo folioso conspicuo con células paraplectenquimatosas grandes en la corteza. de ambas superficies, la inferior con cifelas, pseudocifelas, o áreas más o menos lenticulares. Apotecios marginales o laminares, sésiles, hemiangiocárpicos biatorinos a lecanorinos. Ascas I+ (azul), sin anillo apical. Esporas maduras con uno o más septos transversales. Fulcras con células cortas. A menudo con *Nostoc*, pero si son protococoides a menudo con cianobacterias agregadas en cefalodios. Sobre diversos sustratos en áreas húmedas, especialmente en las montañas tropicales del hemisferio Sur.

Actualmente, los ascolíquenes están sujetos a estudios que pretenden mejorar su clasificación, tomando como base el tipo de ascoma; así como los detalles estructurales del himenio y del asca. Mientras tanto, Tehler (1996) ha elaborado una propuesta general, donde este género queda clasificado de acuerdo con los datos moleculares obtenidos en fragmentos de ADNr, que son indicativos del origen monofilético del **Orden Lecanorales**.

Suborden Peltigeranae.- Talo generalmente folioso o escamoso, a menudo con grupos de cianobacterias sobre la superficie del talo (cefalodios); rizinas o tomento en la parte inferior; ascosporas generalmente multiseptadas, incoloras o café; fotobionte unicelular (algas verdes, cianobacterias o ambas); cianobacteria de tipo *Nostoc* o *Scytonema*; sobre rocas, suelo y/o corteza, generalmente en hábitats húmedos.

Familia Lobariaceae.- Talo folioso con lóbulos anchos, a menudo con cefalodios; corteza en ambos lados, la superficie inferior con cifelas o pseudocifelas, ascosporas multiseptadas y café. *Lobaria*, *Pseudocypellaria* y *Sticta*.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL GÉNERO *Sticta* (Schreb.) D. C.

En el trabajo clásico de B. Fink (1935), la familia Stictaceae solo comprende al género *Sticta*, cuyo talo folioso está poco adherido al sustrato, liso o arrugado, con márgenes más o menos lobados, y con una definición clara de los distintos estratos. La corteza inferior discontinua, interrumpida por las cifelas. Los apotecios pueden ser marginales o superficiales, redondos, con disco cóncavo, plano o convexo, el excípulo talino, o bien, con margen propio. El himenio y el hipotecio pueden ser hialinos o cafés, parafisos no ramificados, ascas octoclavadas con esporas generalmente hialinas fusiformes o aciculares, y 1-3 septos.

Según Lamb (1958), el género *Sticta* puede ser descrito como un talo folioso, horizontal y fijo al sustrato por rizinas inferiores, a veces con disposición ascendente apoyada en un pedúnculo basal. Corteza superior paraplectenquimatosa, con algas pertenecientes a los géneros *Protococcus* y *Nostoc*; médula blanquecina; corteza inferior cubierta con un tomento rizinoso, y provisto de cifelas verdaderas, hundidas, crateriformes, con márgenes bien definidos. Apotecios marginales o superficiales, redondos, contraídos en la base, de tipo biatorino o lecanorino, hipotecio pálido o parduzco; ocho esporas por asca, incoloras o parduzcas, fusiformes u oblongofusiformes con 1-7 septos transversales.

Para Hale (1979) y Dobson (1992), este género se caracteriza por la presencia de poros blancos (cifelas) observables a simple vista en la corteza inferior, y una corteza superior carente de poros. Años más tarde, Hale y Cole (1988) confirman la facilidad para reconocer a *Sticta* (Schreber) D.C., mediante la observación instantánea de poros blancos y grandes (cifelas), distribuidas entre el tomento de la superficie inferior.

Swinscow y Krog (1988), específicamente definen a *Sticta* (Schreber) D.C. como un liquen carente de sustancias características, poseedor de un talo folioso poco adnado al sustrato que en algunas especies se muestra algo estipitado o ascendente. Su talo tiene una corteza superior de color café pálido u oscuro, con tonos amarillos o verdosos; en tanto que la corteza inferior, junto a su aspecto glabro o pubescente, muestra cifelas.

6 ZONA DE ESTUDIO

El denominado Parque Nacional "El Chico", obtuvo esta jerarquía por un Decreto Presidencial de 1938. Otro, emitido en 1982, fue determinante para ampliar su extensión. Está localizado en la Sierra de Pachuca del Estado de Hidalgo, en el sector Centro Sur Oriente de la República Mexicana con una extensión total de 2,739 hectáreas, integrada por terrenos con diferentes regímenes de propiedad.

Este parque pertenece a las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de la nación, creadas para preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas del país, así como los sistemas frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos; asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, en particular de las especies en peligro de extinción, amenazadas, raras, sujetas a protección especial y endémicas; proporcionando un campo propicio para la investigación científica, entre otras (SEMARNAP, 1996).

Las condiciones biogeográficas de México también han propiciado el desarrollo de una flora líquénica muy extensa, constituyendo una parte importante de la diversidad biológica del país que se halla pobremente estudiada. Pero, mientras tanto, por causas muy diversas, los bosques del país siguen desapareciendo y, junto con ellos, se pierden especies líquénicas que invirtieron en su desarrollo períodos que rebasan las decenas de años.

Dentro de las ocho categorías existentes en las ANP, los Parques Nacionales corresponden a representaciones biogeográficas de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su valor científico, educativo, de recreo o histórico, por su belleza escénica o por otras razones análogas de interés general (SEMARNAP, 1996).

La literatura reporta al género *Sticta* como integrante de bosques templados de tipo mesófilo de montaña de *Abies*, *Pinus-Quercus*, *Abies-Quercus*, *Pinus-Abies* y *Pinus* y bosques tropicales (Büdel y Scheidegger, 1996). Este Parque Nacional cuenta con ambos tipos de vegetación, mostrando perturbación escasa y una presencia líquénica notable que, por ser de fácil acceso, facilita la detección de sitios idóneos para realizar este tipo de estudios.

Al considerar las peculiaridades biogeográficas del presente estudio, fue necesario localizar zonas con una densidad arbórea de conformación intermedia que, de manera natural, eviten los cambios drásticos de temperatura y la pérdida de humedad. Además de filtrar la luz solar suficiente sobre los estratos inferiores, tanto en incidencia como en intensidad, para favorecer el desarrollo de diversas comunidades líquénicas foliosas en la base de los árboles y el suelo, como es el caso de *Sticta*.

6.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Parque Nacional “El Chico” está situado entre los 2500 y 3080 msnm. a 24 km. al Noroeste de Pachuca, entre las coordenadas extremas de los 20°10’10” a 20°13’25” de latitud Norte y entre los 98°41’50” y 98°46’02” de longitud Oeste, correspondiendo al extremo Occidental del sistema orográfico de la Sierra de Pachuca (fig 1.), incluida en la porción austral del Eje Neovolcánico Transversal (Melo y López, 1994).

Su territorio está compartido por las jurisdicciones municipales del Mineral de El Chico, en mayor proporción, seguido por Pachuca y Real del Monte. El poblado del mismo nombre, colinda con la zona boscosa del Parque Nacional, donde se sitúan las dos áreas elegidas para realizar el presente estudio (fig 2.). (Croquis de carretera)

Zona No. 1.- Ubicada al Norte de la cabecera municipal Mineral del Chico, a 2,260 msnm. Para llegar a ella, se sigue por el camino de terracería con rumbo al Cerro de San Antonio. Al llegar al puente de un acueducto, que servía a una mina ahora abandonada, se inicia una brecha paralela a dicha corriente, la cual se sigue unos 350 m hasta una curva, en cuyo lado izquierdo se encuentra una roca de 24 m³ con algunas comunidades líquénicas. La vegetación se encuentra muy perturbada, perteneciente a un bosque de *Quercus-Cupresus* con zonas abiertas y un crecimiento notable de zacatonal.

Zona No. 2.- Para localizarla desde la entrada de la ciudad de Pachuca, se sigue la carretera a Tampico hasta la desviación a El Chico, para recorrerla hasta el kilómetro 7.5. Donde se encuentra a la izquierda el paraje “Llano Grande”, frente a éste, se encuentra un camino de terracería que llega a la zona de colecta después de transitar 2 kilómetros. El sector muestreado comprende unos 4,000 m², ubicados a 2,860 msnm, el cual muestra una estructura arbórea dominada por *Abies religiosa* (oyamel) y algunas latifoliadas intercaladas, como *Quercus* sp. (encino). El viento del Norte genera un efecto mecánico sobre los oyameles (distribuidos en promedio a 6 metros de distancia entre ellos), dejando una película espesa de humedad constante sobre el lado Norte de cada corteza, en donde crecen colonias de musgos asociados con líquenes, como los pertenecientes a los géneros *Parmelia*, *Leptogium*, *Evernia*, *Peltigera* y algunas especies de *Sticta*.

6.2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

El parque está enclavado en la porción elevada de la Sierra de Pachuca que forma parte del Eje Neovolcánico Transversal, cuyo relieve tiene un alineamiento Este-Oeste. Según Córdoba y Camargo (1992), procede de la actividad volcánica del Terciario, con afloramiento de material rocoso de las formaciones Vizcaina, Cerezo y Zumate, pertenecientes al grupo Pachuca, además de aflorar materiales sedimentarios del Reciente.

En esta zona se observan materiales lenticulares, derivados de derrames lávicos y conglomerados volcánicos, toba y arenisca tobácea (Córdoba y Camargo, 1992). De acuerdo con los datos de la Secretaría de Agricultura, los suelos son derivados de rocas ígneas extrusivas, como cambisoles húmicos, litosoles y regosoles. Las planicies resultan de depósitos de material aluvial y suelos transportados por corrientes fluviales.

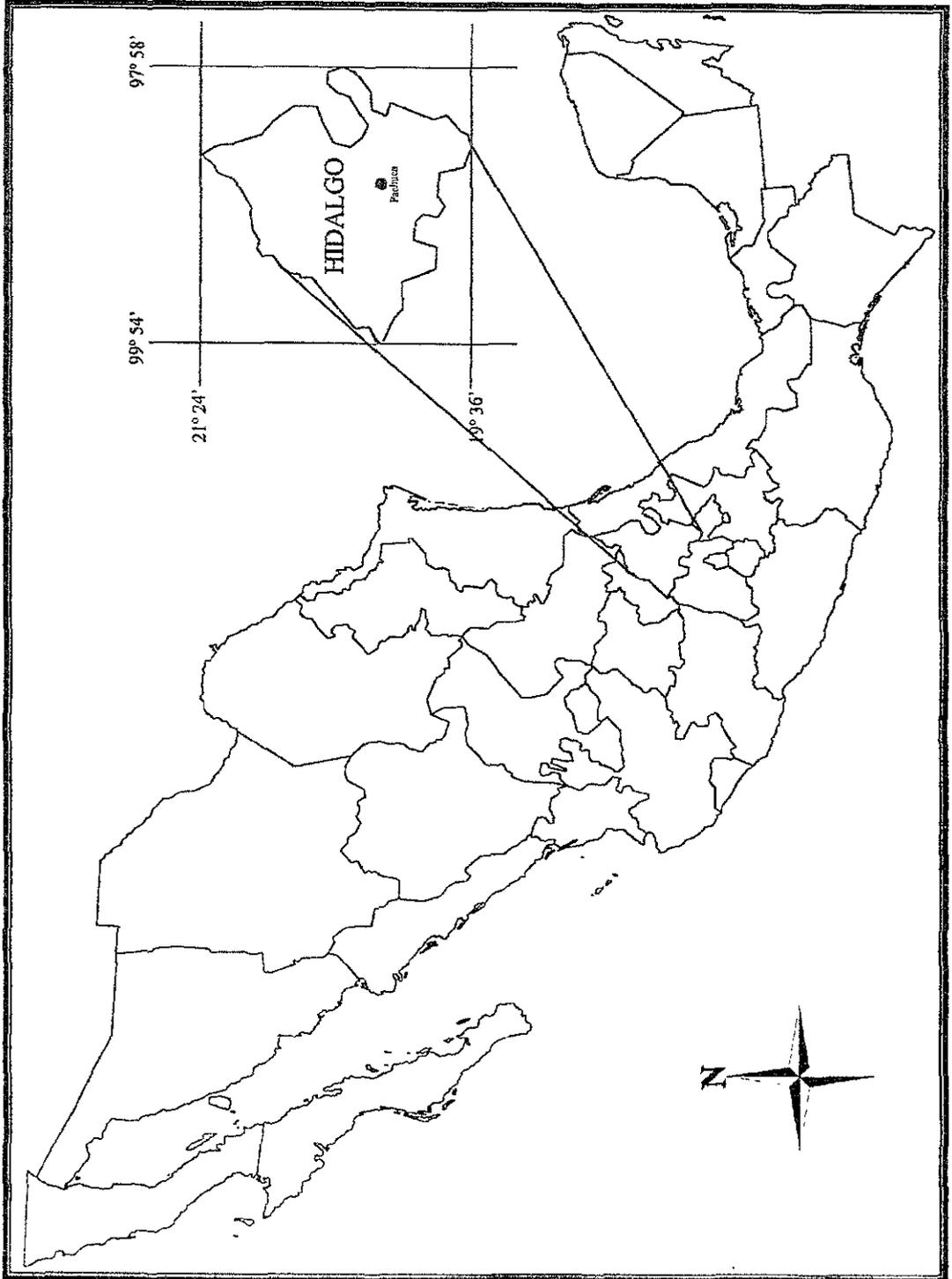


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

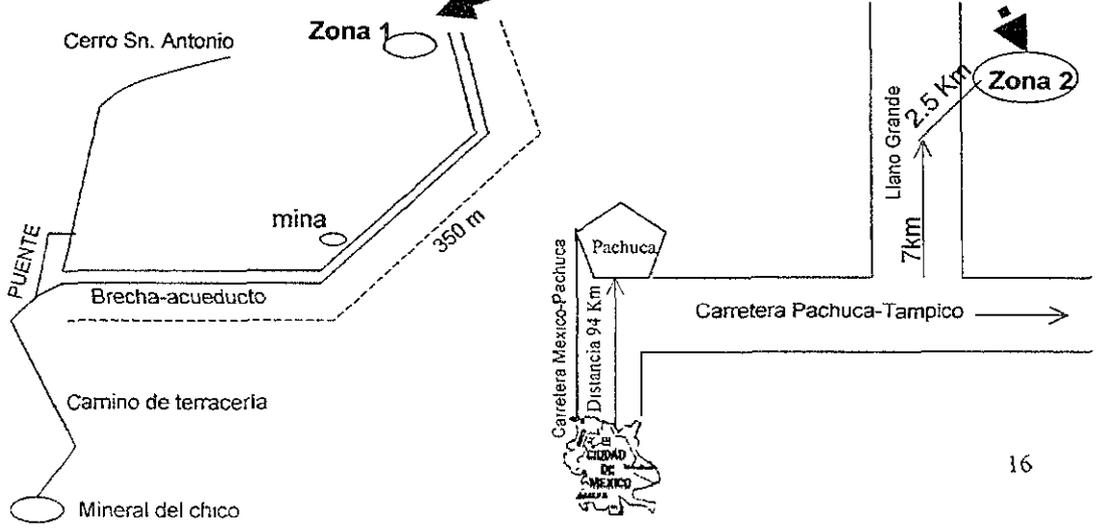
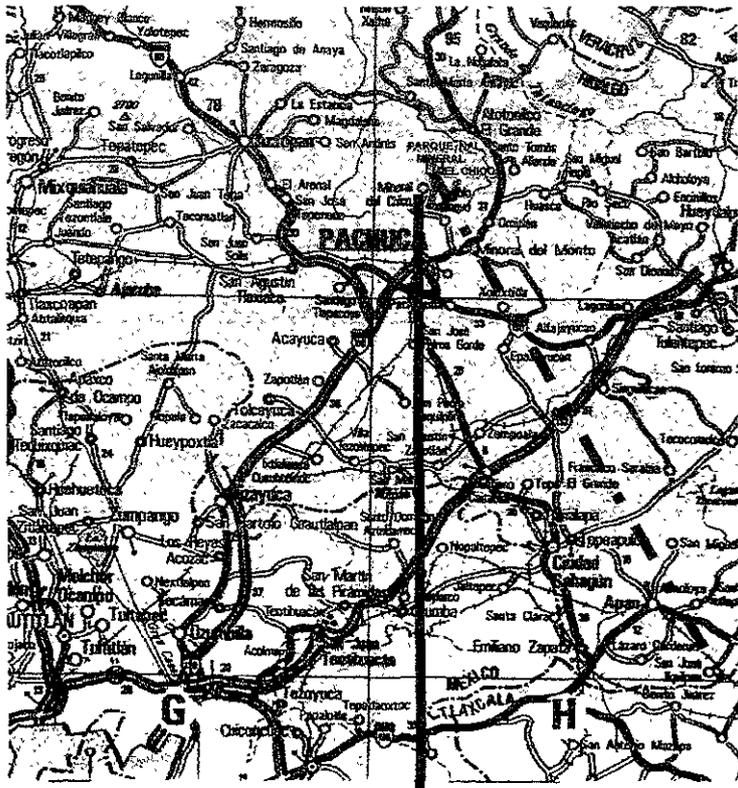


Figura 2. Ubicación de las zonas de muestreo

En general, el área muestra una morfología accidentada con grandes afloramientos rocosos en las zonas elevadas, sus pendientes son de moderadas a fuertes con laderas amplias de inclinación suave que, junto con la predominancia de condiciones climáticas templado-húmedas, favorecen el desarrollo de una vegetación forestal, típica del Eje Neovolcánico.

6.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Los factores locales de relieve y altitud determinan manifestación de un clima Cb(m) (w) (i') gw''. Según lo reportado por García (1988) para la estación Mineral del Chico, enclavada en el extremo Norte del parque, sus características corresponden a un clima templado húmedo con verano fresco y largo; temperatura media anual entre 12 y 18°C; temperatura media del mes más frío entre -3 y 18°C, siendo la del mes más cálido superior a los 26.5°C, y con régimen de lluvias de verano.

Durante la época de primavera, los rayos solares caen de manera perpendicular y se reducen los índices de humedad atmosférica y de nubosidad. En la época invernal, de escasa humedad atmosférica, los rayos solares presentan su máximo de inclinación que, junto con la incursión de vientos fríos y masas de aire polar, provocan descensos térmicos importantes, y alrededor de cuatro heladas durante esa temporada.

La influencia de los vientos alisios del Norte, que soplan en primavera y se intensifican durante el verano, provocan en abril el inicio del régimen lluvioso. En la época húmeda, la neblina es un fenómeno frecuente, casi 20 días al mes; además de presentarse en forma intermitente, durante el resto del año.

El ambiente fresco-húmedo se presenta en la franja altitudinal más baja del área, donde en casi 200 ha se localiza el poblado del mismo nombre y el extremo Norte del parque. Ahí prevalece un rango térmico medio superior a los 12°C y la precipitación pluvial fluctúa de 1,400 a 1,500 mm anuales, para ser la zona con mayor humedad relativa.

El ambiente fresco-subhúmedo ocupa un sector amplio y elevado de la vertiente Norte y pequeñas áreas de la vertiente Sur, abarcando 1,312 ha . Aunque presenta temperaturas medias superiores a 12°C, su volumen pluvial anual sólo alcanza entre 1,200 y 1,400 mm.

El ambiente semifrío-semiseco cubre 1,227 ha. del parque en la vertiente Sur. Registra temperaturas medias inferiores a 12°C y lámina pluvial menor a los 1,200 mm anuales.

El equilibrio hídrico regional depende en gran medida de los manantiales (Los Otates, El Pescado y El Salto) y arroyos de agua fría (La Sabanilla, Las Ánimas, Las Goteras, La Peña Sentada y Gordolobos), los cuales son afluentes del río El Milagro y desembocan en el río Amajac. Todos ellos se hallan en el parque, formando parte de la cuenca hidrográfica del Río Pánuco.

6.4 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

Los datos referentes a la biota de este Parque Nacional reportan 38 especies de mamíferos, 87 de aves y 281 de fanerógamas. Además de los elementos bióticos de bosques y pastizales, los cuales favorecen la condensación de la humedad que abastece los mantos acuíferos de la región.

En el ecosistema forestal imperante en la zona, pueden distinguirse ocho tipos de vegetación: bosques de *Abies*, *Pinus-Quercus*, *Abies-Quercus*, matorral de *Juniperus*, pastizal, bosques de *Quercus*, *Cupressus*, y de *Pinus-Abies* (SEDUE, 1988). Todos ellos, resultantes de la interacción de factores diversos: altimétricos, geomorfológicos, climáticos y edáficos.

Bosque de *Abies*. Por su amplitud, este cubrimiento tipifica a la vegetación del parque, totalizando 1,856 ha que significan el 67.7% del área. Esta comunidad ofrece pureza y exuberancia en laderas bajas y en el fondo de las cañadas, cuya extensión Norte-Sur reduce la insolación y propicia el sombreado que deriva en el aumento de la humedad atmosférica y edáfica. Estos factores inducen la presencia de suelos profundos con alto contenido de materia orgánica que favorecen la frondosidad del *Abies religiosa*, la cual logra su máximo desarrollo en la porción Centro-Oriente del parque, donde la formación de barrancas es más densa. No obstante, en algunos sitios de acentuada aridez edáfica, adyacentes a los afloramientos rocosos, proliferan ciertos vegetales xerófilos.

La estructura vertical del bosque muestra dos estratos arbóreos, uno superior correspondiente a *Abies*, y otro inferior, conformado por latifoliadas y pináceas. El estrato arbustivo lo integran básicamente *Senecio angustifolius* (gordolobo), *Baccharis conferta* (escobilla) y *Juniperus monticola* (ciprés). Mientras que el estrato herbáceo, por lo general presenta al *Senecio platanifolius* (hierba del zopilote), *Fragaria mexicana* (fresita), *Sigesbeckia jorullensis* (pegarropa), *Senecio sanquisorbæ* (rabanillo) (Melo y López, 1994).

Bosque de *Pinus-Quercus*. Ocupa en el parque 403 ha (14.7%), en los extremos Norte, Noreste, Oriente, Sudoeste, Occidente, y en la parte contigua al poblado de El Chico.

El estrato arbóreo es casi dominado por las pináceas (*Pinus rudis*) (*Pinus* teocote), algunas latifoliadas (*Quercus* spp.), y especies *Alnus* spp. (sabino), *Arbutus xalapensis* y *A. glandulosa* (madroño). Mientras que los estratos arbustivo y herbáceo están integrados por *Baccharis conferta* y *Fragaria mexicana*, respectivamente (Rzedowski, 1991).

Bosque de *Abies-Quercus*. El tercer lugar en extensión, el 3.4%, está cubierto en 95 ha. por esta comunidad mixta, cuyo estrato arbóreo está conformado por dos pisos. El superior dominado por pináceas, y el inferior integrado por *Quercus* spp; aunque se intercalan elementos escasos de *Arbutus xalapensis*, *A. glandulosa*, *Alnus arguta* y *Buddleia cordata* (tepozán). Los estratos inferiores están constituidos por arbustos de *Juniperus monticola* y *Senecio albonervius*; así como algunas especies herbáceas pertenecientes a *Spigelia longifolia* (hierba del burro), *Salvia paterus* (gallito), *Penstemon hartwegii* (chuparrosa) y numerosas especies de helechos (Melo y López, 1994).

Matorral de *Juniperus* y otros. Ubicado en el extremo Sudeste del parque con 63 has (2.3% del área total), adyacente a los valles y en el interior del bosque de *Abies*. Su estrato superior es denso, dominado por *Juniperus deppeana* (ciprés) con un promedio de 3 m. de altura.

Pastizales. Distribuidos casi exclusivamente en el extremo Sur del parque, y en dos áreas del Centro-Oeste con 46 ha (1.6% del área total), suelos casi llanos, profundos y bien drenados.

Bosque de *Quercus*. Localizado hacia el Occidente del parque, muy próximo al poblado de El Chico. Comprende 25 ha (0.9 % del área total), en zonas húmedas con suelos poco profundos y pedregosos, o laderas poco inclinadas.

Bosque de *Cupressus*. Adyacente a la presa El Cedral, donde ocupa 27 ha (1.0% del área total), sobre relieves moderados, cubiertos por suelo profundo bien drenado y abundancia de materia orgánica. El bosque estrato superior está integrado por *Cupressus lindleyi* (cedro blanco) y algunos elementos de *Abies religiosa* y *Quercus spp.* (Medina y Rzedowski, 1988).

Bosque de Pinus-Abies. Limitado a laderas poco inclinadas de suelos profundos, cubre 19 ha (0.7% del área total), mostrando un crecimiento denso y recubierto de especies epífitas (Melo y López, 1994).

Áreas Restantes. Melo y López (1994) señalan la pérdida de la vegetación original en 211 ha (7.7% del área total), cuyo 4.0% ha sido ocupado por vegetación secundaria de tipo matorral, y el resto apoya actividades humanas. En tanto que las zonas Norte y Noroeste del parque, adyacentes a los poblados de El Chico y Carboneras, corresponden a áreas de cultivo semiabandonadas que muestran un proceso de recuperación natural, por el desarrollo de vegetación secundaria.

7 MATERIALES Y METODOS

7.1 ZONA DE COLECTA

Después de realizar la revisión bibliográfica pertinente, y dada la abundancia de la flora líquénica presente en este Parque Nacional, fue necesario inspeccionar distintas regiones del parque, durante dos visitas preliminares, a fin de localizar las áreas idóneas para recolectar los especímenes requeridos para el estudio. En consecuencia quedaron establecidas las siguientes áreas de trabajo:

Zona No. 1.- Los especímenes se recolectaron durante el mes de septiembre de 1997, al Norte del poblado Mineral del Chico, sobre en una roca de 24 m³ integrada a una vegetación muy perturbada de tipo *Quercus-Cupresus* y zacatonal.

Zona No. 2.- Un segundo muestreo se realizó durante el mes de septiembre de 1998. La zona de trabajo abarca unos 4,000 m² que cuenta con una vegetación predominante de *Abies-Quercus* no perturbada, donde se encontraron los ejemplares corticícola buscados, sobre *Abies religiosa*.

Ambas áreas (fig. 1 y 2) muestran un paisaje boscoso con abundancia y diversidad de ejemplares líquénicos sobre suelo, rocas o corteza de árboles, cuyos ecosistemas coinciden con los reportados en la literatura como adecuados para el desarrollo de *Sticta*, generalmente en asociación con musgos u otros líquenes, además de su presencia reducida.

Los especímenes del género pueden detectarse con facilidad por el color del talo folioso y la presencia de cifelas. Inicialmente, mediante el uso de una lupa de mano, se identificaron los ejemplares que serían recolectados, tanto por revelar en su talo el tamaño, vigor y madurez como las estructuras de reproducción sexual y asexual, caracteres indispensables para la determinación taxonómica. Aquellos carentes de esos elementos, fueron excluidos del estudio por considerarse no representativos, y quedaron en su hábitat.

La remoción de estos líquenes se realiza con cierta facilidad, mediante un cuchillo de monte, ya que su talo se halla flojamente adherido al sustrato. A continuación, cada ejemplar recolectado fue revisado para eliminar los materiales extraños, antes de colocarlos en una bolsa de papel (25 x 15 cms). Según lo recomendado por Coutiño (1986), en primer lugar, se anotaron los detalles habituales de una colecta botánica, registrando los datos correspondientes a cada individuo, en lo referente al sustrato, microhábitat, comunidades o individuos cercanos, zona de orientación en que fueron hallados, fecha de colecta, etc. Dichos datos son necesarios para realizar la determinación, conforme a los procedimientos habituales de esta disciplina; así como para etiquetar los ejemplares herborizados que, al finalizar el trabajo, serían depositados en el herbario FCME.

Durante la realización del trabajo se lograron recolectar y determinar un total de 40 especímenes, 13 de los cuales fueron encontrados en roca volcánica y 26 sobre corteza de *Abies*. Al finalizar el proceso de identificación taxonómica todos los especímenes fueron entregados al herbario FCME, para incorporarse a la colección de consulta.

7.2 PROCESO DE DETERMINACIÓN

Después de diseñar los formatos descriptivos específicos para estos líquenes foliosos, con el auxilio de un microscopio estereoscópico (2.5X), en cada talo se localizaron caracteres taxonómicos mencionados por las claves Fink (1935), Gonzalez de la Rosa y Guzmán (1976), Hale (1979), Winscow y Krog (1988), Dobson (1992); la literatura especializada en este género, así como algunos otros adicionales que pudieran ser significativos durante el proceso de determinación, todos los cuales fueron inmediatamente anotados en dichos formatos. (Ver Anexo).

Al microscopio estereoscópico, inicialmente se precisa el color y la tonalidad de la corteza superior del talo, para después valorar su tamaño y patrón de crecimiento (la formación y el tipo de lóbulos). A continuación se localizan las estructuras de reproducción sexual (apotecios), y la distribución de los elementos asexuales (soredios e isidios). Además de definir el color y las características de la corteza inferior y de las cífelas (blancas o blanquecinas), junto a los detalles del tomento.

A continuación, conforme a la práctica habitual de esta disciplina y puntualizada por Hale (1967) y (1979), se realizaron pruebas microquímicas o reacciones inmediatas de color en sitios específicos del talo, para verificar la improbable presencia de ácidos liquénicos, mediante la aplicación en médula o corteza de diferentes reactivos: Solución acuosa al 10% de NaOCl (Hipoclorito de Calcio); Solución acuosa saturada de KOH (Hidróxido de Potasio), y Solución alcohólica de Parafenilenediamina preparada al momento, disolviendo algunos de sus cristales en unas cuantas gotas de alcohol etílico.

A continuación, y con el objeto de confirmar lo señalado en la literatura sobre la nula presencia de ácidos liquénicos en este género, y tal como fue reconocido por Yoshimura (1984), se procedió con la técnica de cromatografía en capa fina (TLC), según la metodología estandarizada por White y James (1985) para la identificación de estos metabolitos secundarios, esenciales para refinar la determinación taxonómica.

Después de comprobarse la insuficiencia de los procesos anteriores, y dadas las imprecisiones obtenidas a través de los recursos bibliográficos se consideró de la mayor relevancia profundizar en la micromorfología estructural de los apotecios para precisar la determinación de estas especies, particularmente en las propias del estrato himenial. Pues Fink (1935), señala a estas peculiaridades como excluyentes para ciertas especies liquénicas. En años recientes, estos estudios han cobrado importancia en la determinación de algunas especies, ya que las ascosporas aportan caracteres distintivos con valor taxonómico como el color, la ornamentación, el tamaño, etc. (Martínez y Burgáz, 1998).

En consecuencia, bajo el microscopio estereoscópico se efectuaron cortes manuales de apotecios maduros en sentido longitudinal, los cuales sirvieron para elaborar preparaciones histológicas semipermanentes, montadas en una gota de lactofenol de Amann. Dichos cortes, observados a través del microscopio óptico calibrado (Aguilar *et al.*, 1996), permitieron un análisis microanatómico minucioso de los elementos ascohimiales, y su medición. Después de 10 horas de elaboradas las preparaciones, los cortes se reblandecen, facilitando la obtención del "squash" necesario para aislar los elementos himeniales y refinar las observaciones micromorfométricas, las cuales aportarían la información necesaria para elaborar cuadros y esquemas.

7.3 IDENTIFICACION DE LAS SUSTANCIAS LIQUENICAS

Del mismo modo que en otras investigaciones taxonómicas modernas, la metodología de cromatografía en capa fina, por sus siglas en inglés (TLC), ha sido estandarizada para convertirse en un elemento técnico indispensable para la determinación taxonómica de los líquenes, por aportar los datos precisos que identifican químicamente a estos metabolitos secundarios específicos. Por esta razón, y aunque la literatura reporta la ausencia de ellos en los individuos liquénicos de este género, se consideró conveniente revalidar dicha afirmación en los ejemplares mexicanos, objeto del presente estudio.

Según la bibliografía, actualmente se utilizan varios sistemas de solventes Ramaut (1967), Culberson (1972 y 1974), White y James (1985), y Feige y Lumbsch (1993). Todos ellos, forman parte de un proceso que ha sido estandarizado para los trabajos liquenológicos. Tres de ellos fueron empleados para los fines del presente trabajo, a partir de las fórmulas siguientes:

A: tolueno: dioxano: ácido acético. 18: 6: 8 (T.D.A)

B: hexano: dietil-éter: ácido fórmico. 13: 100: 20 (H.E.F)

C: tolueno: ácido acético: 200: 30 (TA)

Debe señalarse que el sistema de solventes se realizó bajo una campana de extracción ya que los vapores que despiden estos solventes, a temperatura ambiente, implican riesgos.

Por lo general se emplea un tanque cromatográfico de vidrio (27.5 x 27.5 x 7.5 cm.), sellado con grasa silicona o con vaselina para obtener condiciones herméticas. En una de las paredes interiores de éste, se coloca una lámina de papel filtro impregnada con el mismo sistema de solventes para lograr una atmósfera homogénea y saturada, que facilitará el desplazamiento uniforme de los ácidos liquénicos en las placas.

Se utilizaron placas de sílica-gel Merck F 25M (20x20 cms), marcando con lápiz suave en una de sus orillas una línea recta a 1.5 cm, los puntos de aplicación (cada 5 mm) de los extractos liquénicos por procesar, y el número asignado a cada uno de ellos.

Extracción. Para realizarla, se coloca una muestra de cada talo liquénico triturado (aproximadamente 1.0 gr) adentro de un tubo de vidrio que contiene 5ml. de acetona pura, donde se dejan por 25-30 min. De la misma manera, se procede con los 0.2 mg. de ácido liquénico puro que servirá de control, en este caso ácido úsnico.

Corrimiento. Para transferir cada muestra del extracto liquénico en las placas, se empleó una micropipeta capilar, realizando en el mismo sitio tres aplicaciones. Al finalizar este procedimiento, cuidadosamente con unas pinzas de punta roma, las placas fueron introducidas en el tanque que contenía el solvente, el cual quedaría tapado y sellado durante el tiempo requerido por el solvente para desplazarse, aproximadamente 45 minutos.

Revelado. Mediante unas pinzas de punta roma se sacan las placas del tanque, e inmediatamente se marca con lápiz la distancia recorrida por el solvente. Después de algunos minutos, cuando se han secado, los extractos fueron observados en la obscuridad con luz UV de una lámpara modelo UVL-56 de 115 volts . A una longitud de onda de 366 nm, para marcar el centro de cada mancha y su contorno.

Posteriormente, las placas fueron impregnadas con H₂SO₄ (al 10%), utilizando un aspersor de aire a presión, a una distancia de 60 cm. A continuación, las manchas se revelan por medio del secado en estufa (110°C), durante 15-30 minutos. Este proceso confirma las peculiaridades de todos los extractos, aportando los valores necesarios para aplicar la fórmula correspondiente al R_f de cada uno, lo que facilita la verificación de todo el ensayo.

$$R_f = a/b \times 100$$

a) Distancia del corrimiento de la substancia, medida desde el punto de aplicación hasta el centro de la mancha.

b) Distancia del corrimiento del solvente, medida desde el punto o línea de aplicación.

Los procedimientos antes señalados, se efectuaron con los tres sistemas de solventes para cada uno de los especímenes; no obstante, la metodología se mostró insuficiente para aportar la información requerida para este propósito.

8 RESULTADOS

8.1 ASPECTOS GENERALES

1. Al observarse el entorno ecológico de este Parque Nacional se aprecia que la flora líquénica es abundante y diversa. No obstante, tal como lo reporta la bibliografía, en los sitios estudiados pudo comprobarse la escasa presencia de especímenes del género *Sticta*.
2. Los reportes recientes de esta disciplina destacan particularmente la conveniencia de establecer en los artículos y etiquetas de los especímenes herborizados las circunstancias ecológicas en que fueron encontrados. Entre ellas, los datos geográficos y el punto cardinal de orientación en el área del sustrato específico; así como los referentes a los organismos asociados, grado de luminosidad y corriente de vientos. Dada la inexistencia de esos parámetros en la mayoría de las referencias científicas examinadas, y reconociendo la importancia de ellos, durante este trabajo se registraron cuidadosamente para incorporarlos en los resultados de cada una de las especies estudiadas, además de quedar inscritos en los sobres destinados al herbario. (**Cuadro 1.**)
3. Dado que el objetivo primario del presente trabajo radica en reportar las características taxonómicas del género para agilizar la determinación de sus diferentes especies, y como las técnicas convencionales (reacciones microquímicas y TLC) no aportaron información concluyente, fue necesario recurrir a métodos complementarios, propios de la micología, con el propósito de analizar minuciosamente la anatomía microscópica de los ascomas maduros (**fig. 5**). Dicha alternativa mostró ciertas peculiaridades ascohimeniales, las cuales han sido señaladas en la descripción correspondiente a cada especie.
4. Solamente algunos de los talos estudiados presentaron apotecios, entre ellos, los pertenecientes a *S. weigelii* (4 especímenes); *S. limbata* (2 especímenes), y *S. fuliginosa* (4 especímenes). Mismos que fueron utilizados para realizar los estudios micromorfológicos, aportando datos relevantes para la determinación de cada una de estas especies, tal como se observa en el **cuadro 2**.
5. A partir los 40 ejemplares recolectados, tal como se detalla en el capítulo referente a la descripción las especies estudiadas, y después de aplicar rigurosamente los métodos propios de la disciplina líquénica, se logró la determinación taxonómica de 4 especies pertenecientes al género *Sticta* (**fig. 3**). Tres de ellos ya habían sido reportados para México, siendo *S. limbata* la única que representa un nuevo registro para el país (**fig. 4**).
6. En todos los talos se aplicaron las técnicas convencionales y estandarizadas, con el fin de lograr la identificación química de los ácidos líquénicos. Los resultados así obtenidos, coinciden con lo señalado en la bibliografía respecto a la ausencia de ellos, o bien, esta metodología es insuficiente para detectar su presencia.
7. Con respecto a las revisiones efectuadas en los principales herbarios del país, pudo detectarse la poca atención que reciben las colecciones líquénicas, aunque cuentan con los recursos especializados (personal y bibliográfico), además de contar en sus instalaciones con la infraestructura necesaria para desarrollar este tipo de estudios. Sólo se notaron carencias en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

8. El Herbario ENCB del Instituto Politécnico Nacional tiene en su acervo 20 especímenes de *S. weigelii*, 10 de las cuales proceden de Oaxaca, 5 de Morelos y 5 de Jalisco. Además de 7 ejemplares de *S. fuliginosa*, 3 recolectados en Morelos y 4 en Temascaltepec, Estado de México. Así como, 3 ejemplares de *S. silvatica* procedentes de Morelos.
9. En el Herbario XAL del Instituto de Ecología de Jalapa, Veracruz, se encuentran 3 ejemplares de *Sticta* recolectados en el Jardín Botánico Francisco Clavijero de Xalapa, los cuales sólo están determinados a nivel de género. El Herbario EBUM de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo contiene 3 ejemplares de Los Azufres, Michoacán, que están catalogados como *Sticta* spp.
10. Con respecto a las colecciones resguardadas por la Universidad Nacional Autónoma de México, en el Herbario Nacional MEXU, se hallaron algunos representantes de *S. weigelii*, 2 procedentes del Estado de México y 1 de Wisconsin, E.U.A., 1 ejemplar de *S. fuliginosa* recolectado en Oaxaca, y otro del Estado de México que sólo está determinado hasta género.
11. Al revisar el Herbario FCME de la Facultad de Ciencias, únicamente se localizaron 2 ejemplares sin datos de colecta y catalogados como *Sticta* spp.

Cuadro 2 Diferencias anatómicas encontradas en los ascomas de estas especies

	<i>S. weigeltii</i>	<i>S. limbata</i>	<i>S. fuliginosa</i>
Disco circular	Cóncavo / 2 mm.	Cóncavo – convexo / 2 mm.	Cóncavo / 1.5 – 2 mm.
Pedúnculo (en mm)	1	0.5	0.5
Epitecio (en micras)	7	5.25	7
Anfitecio (color y textura)	Café – rojizo / rugosa	Marfil / lisa	Blanco con vello micelial
Parafisos (largo/grosor en micras)	112 / 3.5	87.5 / 3.5	105 / 3.5
Ascas (largo/grosor en micras)	112 / 17.5	87.5 / 28	105 / 24.5
Fulcra	Presente	Ausente	Presente
Ascosporas (largo/grosor en micras)	38.5 / 10.5	35.7 / 7	31.5 – 35 / 7

Cuadro 1 Detalles sobre la procedencia de los ejemplares

ESPECIE	No. DE COLECTA	CANTIDAD	SUSTRATO	PROCEDENCIA	REPORTES PREVIOS
<i>S. weigeli</i>	1,8,9,10,13, 25,29	5 2	Roca Corteza	Zona 1 Zona 2	B. de Leisdan (1922) Michoacán, Puebla y Distrito Federal. B. de Leisdan (1929) Edo. De México y Distrito Federal Gilbert (1935) Distrito Federal Hale (1969) Noreste de México Vargas López (1973) Nuevo León González (1977) Guerrero Castoreña (1981) Puebla Chávez (1995) Michoacán
<i>S. limbata</i>	2,3,4,5,6,7,11,12, 15,16,27,28,30,31,40	8 7	Roca Corteza	Zona 1 Zona 2	Inexistentes
<i>S. silvática</i>	14,21,22,24,40	5	Corteza	Zona 2	Nash y Herrera Campos (1996) Chihuahua, Hidalgo y Estado de México
<i>S. fuliginosa</i>	17,18,19,20,23,32, 33,34,35, 36,37,38,39	13	Corteza	Zona 2	Nylander (1858) B. de Lesdain (1929) Edo. de México Gilbert (1935) Distrito Federal Vargas López (1973) Nuevo León Castorena (1981) Puebla Chávez (1995) Michoacán

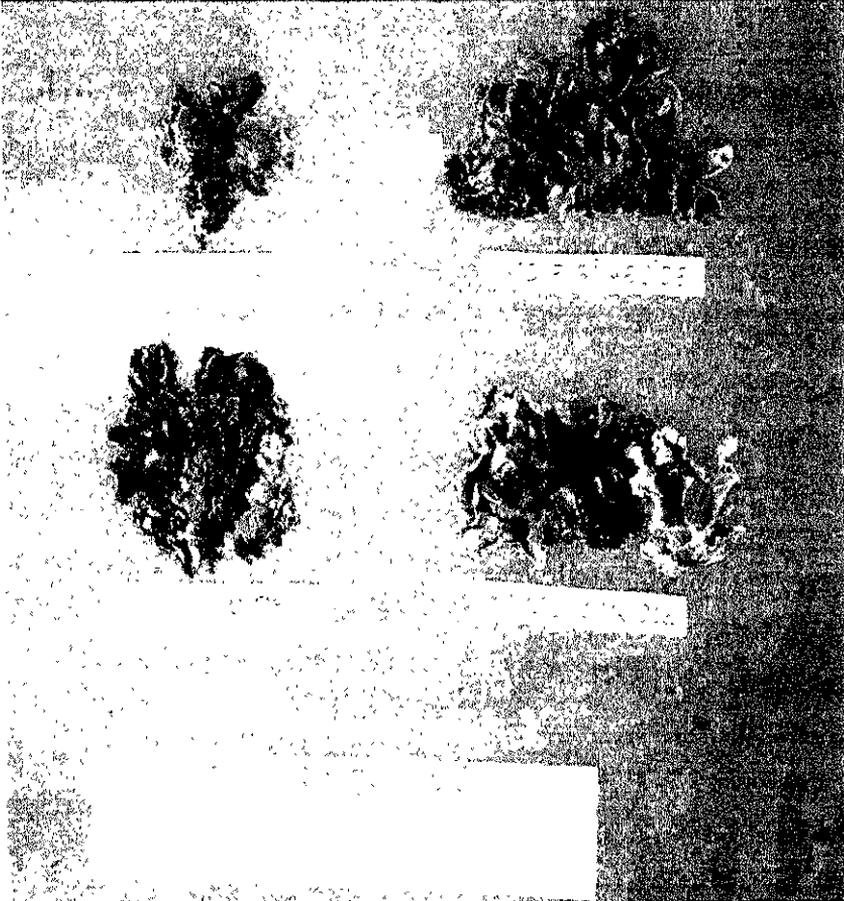


Fig. 3. Talos maduros de las distintas especies estudiadas pertenecientes al género *Sticta*.



Fig. 4. Talo folioso perteneciente a la especie *S. Limbata* (Sm.) Ach., la cual representa un nuevo registro para México.

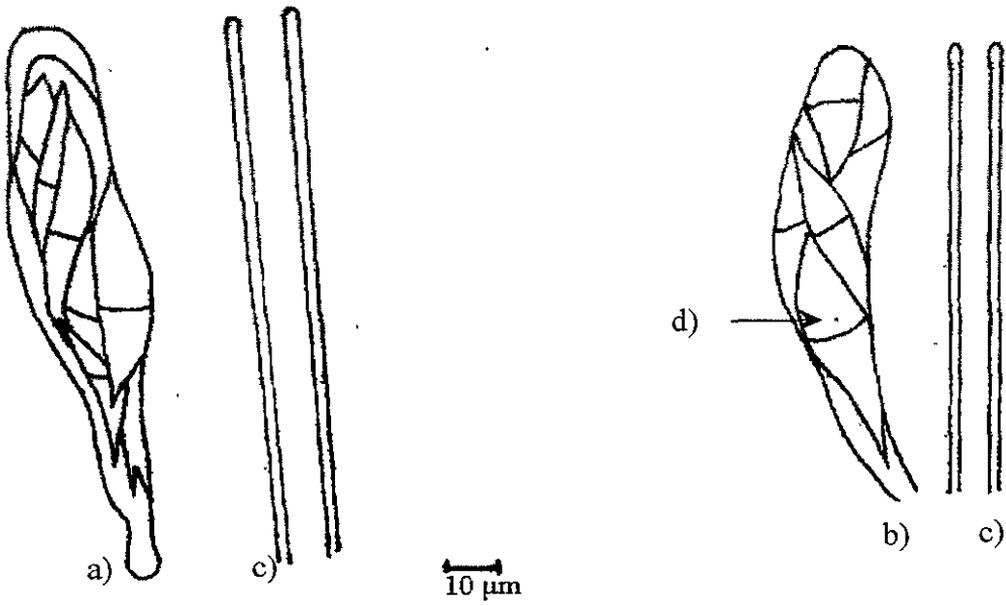


Fig. 5. Esquema de los elementos ascohimiales: a) Asca octospórica fulcrada (en *S. weigeli* y *S. fuliginosa*), b) Asca no fulcrada (en *S. limbata*), c) Parafisos característicos con ápice romo, d) Ascosporas fusiformes bicelulares uniseptadas.

8.2 DESCRIPCION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

S. weigelii (Ach.) Vainio, Acta Soc. Fauna Flora fenn. 7(7):189 (1890).

Sticta damaeicornis B *weigelii* Ach., Lich. Univ.: 446 (1810).

Los lóbulos del talo son delgados y numerosos, no bifurcados con numerosos cefalodios internos. La corteza superior es de color marrón y lustrosa con algunos cefalodios externos y un número variable (0 a 30) de apotecios pedunculados, en posición laminar. En las márgenes del talo se hallan soralias abundantes, soledios de tipo granuloso y/o pulveruloso, así como isidios y soledios isidiados. Corteza inferior de color café oscuro con cífelas conspicuas, tomento corto y denso con tonalidades de café claro a oscuro.

Resultados micromorfológicos

Apotecios con un pedúnculo largo (1.0 mm) y disco circular de 2 mm de diámetro, superficie cóncava, borde talino, anfitecio de color café rojizo y textura rugosa. Epitecio de color castaño y con 7 mm de grosor. Parafisos asciculares con 3.5 μm de grosor, hialinos, con ápice algo achatado o redondeado que miden 112 μm de longitud, al igual que las ascas inoperculadas, fulcradas y unitunicadas que poseen 17.5 μm de grosor, son hialinas y octoclavadas. Ascosporas fusiformes y hialinas, carentes de ornamentación, miden 38.5 μm de longitud y 10.5 μm de grosor, tienen de 1 a 3 septos.

Reacciones de color y TLC

Negativas en ambas cortezas y en médula. Aunque, la corteza inferior desarrolla un color anaranjado ocre, a los 10 segundos de aplicarse el reactivo K.

Habitat

5 especímenes proceden de la Zona 1. Sobre roca volcánica, en el lado Norte, ubicada en un bosque de *Quercus-Cupressus*, entre comunidades de briofitas, líquenes de los géneros *Physcia*, *Cladonia*, *Stereocaulon*, y numerosos líquenes costrosos. Otros 2 ejemplares fueron recolectados en la Zona 2, especialmente sobre la corteza Noreste de *Abies*, junto a colonias de briofitas y algunos representantes del género *Parmelia*.

Discusión

El reconocimiento de esta especie se facilita por la presencia de cífelas conspicuas y la abundancia de cefalodios internos, formados por cianobacterias, además de otros caracteres, como la presencia característica de soralias marginales. Aunque la frecuencia de apotecios es variable, si se presentan, generalmente se encuentran alrededor de tres por talo.

El análisis microanatómico de los apotecios mostró algunas peculiaridades, como la textura rugosa del anfitecio de color café rojizo; parafisos y ascas fulcradas de igual longitud, y las dimensiones de las ascosporas que simplifican la determinación taxonómica de esta especie.

Reportes previos

Discusión: B. de Lesdain en 1922 y 1929 la reporta para Michoacán, Puebla Distrito Federal y el Estado de México. Nuevamente Gilbert en 1935 lo reporta para el Distrito Federal. Hale en 1969 para el Noreste de México; Vargas López en 1973 para Nuevo León; González de la Rosa y Guzmán en 1976 para Jalisco, Hidalgo, Morelos, y Oaxaca (Gonzalez de la Rosa y Guzmán, 1976); Gonzalez (1977) para Guerrero; Castorena (1981) para Puebla, y Chávez (1995) para Michoacán.

Número de ejemplares estudiados: 7

S. limbata (Sm.) Ach., Meth. Lich.: 280 (1803).

Lichen limbatus Sm., in Smith y Sowerby, Engl. Bot. 16: tab. 1104 (18003).

La corteza superior del talo es opaca de gris claro a oscuro con lóbulos abundantes y no bifurcados de tamaño variable, en cuyos márgenes se presentan isidios y soledios isidiados, bastantes soralias con soledios granulares y/o pulverulosos. Los cefalodios externos pueden ser escasos o abundantes. El talo tiene hasta 7 apotecios submarginales de pedúnculo corto (0.5 mm), disco circular con 2 mm de diámetro, borde talino y superficie cóncava o convexa, el anfitecio es de color marfil con textura lisa. Carente de cefalodios internos. La corteza inferior muestra cifelas inconspicuas y tomento de color café, escaso, grueso y corto, sólo alargado en los sitios de adhesión al sustrato.

Resultados micromorfométricos

Los caracteres ascohimiales mostraron un epitecio de color castaño con 5.25 μm de grosor; ascas inoperculadas, no fulcradas, unitunicadas, octoclavadas y hialinas, cuya longitud de 87.5 μm ; es igual a la de los parafisos aciculares con 3.5 μm de grosor, ápice romo, y hialinos. Al grosor de las ascas le corresponden 28 μm , y a las ascosporas 7 μm , las cuales son fusiformes, hialinas, con 1-3 septos y 35 μm de longitud.

Reacciones químicas de color y TLC

Negativas.

Habitat

En la Zona 1 se encontraron 8 especímenes, en un bosque de *Quercus-Cupresus*, en la cara Norte del sustrato rocoso de origen volcánico, entre comunidades de briofitas y líquenes de los géneros *Physcia*, *Cladonia*, *Stereocaulon* y una gran cantidad de especímenes costrosos. Mientras que en la Zona 2 se recolectaron 7 ejemplares, sobre corteza de *Abies* orientada al Noreste, junto a colonias de briofitas y algunos talos del género *Parmelia*.

Discusión

Generalmente el talo presenta una corteza superior lisa, en cuyas rugosidades típicas se hace notoria la abundancia de cefalodios externos. Estos caracteres, sumados a la posición submarginal de los apotecios, y a la presencia de numerosos lóbulos no bifurcados, facilitan el reconocimiento inicial de esta especie. Esta especie puede confundirse con *S. weigeli* por la presencia eventual de soledios en la corteza superior y la tonalidad del talo. Por otra parte, las dimensiones observadas en las estructuras himeniales del apotecio cóncavo, como las ascas carentes de fulcra, permiten distinguir a esta especie de *S. fuliginosa*, tanto por el grosor del epitecio como por las características de color y textura del anfitecio; ya que, en ambas especies, la longitud de los parafisos y de las ascas es idéntica.

Reportes previos

En la bibliografía, esta especie no se encuentra registrada para México, por lo que es un nuevo reporte para la flora líquénica del país.

Número de ejemplares estudiados: 15

S. silvatica (Huds.) Ach.

Talo con corteza superior lustrosa de color marrón pardo a oscuro lustrosos, soledios granulares dispersos y abundantes, isidios escasos. Lóbulos delgados, numerosos, bifurcados y truncados en el ápice, carentes de cefalodios internos y de apotecios. Corteza inferior blanquecina con cífelas inconspicuas, tomento denso y oscuro que se alarga en los puntos de contacto con el sustrato.

Resultados micromorfométricos

Sin realizar, por ser carente de apotecios.

Reacciones químicas de color y TLC

Negativas.

Habitat

Se recolectaron 5 ejemplares en la Zona 2, particularmente en la cara Noreste de la corteza de *Abies*, entre colonias de briofitas y algunas especies de *Parmelia*.

Discusión

Inicialmente, esta especie puede ser reconocida con cierta facilidad, tanto por sus lóbulos truncados en el ápice como por la ausencia de apotecios. No obstante, Hale (1979), señala su probable confusión con *S. weigeli*, ya que el talo de ambas especies tiene un rango promedio de 3 cm, un color marrón con corteza superior de textura lisa, sin detallar los ápices truncos y bifurcados, ni la presencia laminar de abundantes soledios, soledios isidiados y soralias, que son propios de *S. silvatica*. No obstante, durante este estudio se observó que en *S. weigeli* estas estructuras son estrictamente marginales, mientras que los lóbulos tienen extremos romos y carentes de bifurcación.

Reportes previos

En la literatura consultada se encontró registro de esta especie por Ryan, Nash y Herrera Campos (1996) para Chihuahua, Hidalgo y Estado de México.

Número de ejemplares estudiados: 5

S. fuliginosa (Hoffm.) Ach., Meth. Lich.: 2800 (1803).

Lobaria fuliginosa Hoffm., Dtsch. Fl. 2: 109 (1796).

Talo con corteza superior apergaminada de color gris claro, lóbulos amplios y escasos, redondos y no bifurcados. Dispersos en la corteza superior se hallan numerosos soralias, soredios granulares, soredios isidiados, así como algunos isidios. Apotecios marginales, raros. Cefalodios internos y externos ausentes. Corteza inferior de color marfil con cifelas inconspicuas, tomento del mismo color, corto y escaso.

Resultados micromorfométricos

Presenta apotecios de pedúnculo corto (0.5 mm) y disco circular de 1.5 a 2 mm de diámetro con borde talino y superficie cóncava. El anfitecio es de color blanco con vellosidades micelianas del mismo color. El análisis micromorfométrico de las estructuras himeniales determinó que el epitecio de color castaño tiene un grosor de 7 μm ; los parafisos aciculares, hialinos y ápice romo tienen una longitud de 105 μm igual que las ascas inoperculadas, fulcradas, bitunicadas, octoclavadas y hialinas. El grosor de los parafisos le corresponden 3.5 μm , y al de las ascas 24.5 μm . Las ascosporas son fusiformes, hialinas, con 1, 2 ó 3 septos. El rango de longitud de sus ascosporas se encuentra entre 31.5 y 35 μm con un grosor de 7 μm .

Reacciones químicas y TLC: Negativas.

Hábitat

Bosque de *Abies-Quercus*. Sobre corteza, entre musgos.

13 ejemplares se recolectaron en un bosque de *Abies-Quercus*, sobre corteza de *Abies* orientada al Noreste, en proximidad con colonias de briofitas y algunas especies del género *Parmelia*.

Discusión

Aunque Hale (1988) no detalla la presencia de apotecios en esta especie, Swinscow y Krog (1988) los reportan como no observados. En cambio, los ejemplares estudiados sí mostraron la presencia de estas ascomas, cuyo anfitecio es blanquecino con vellosidades micelianas. No obstante, Fink (1935), describe a los apotecios como "sésiles con disco plano o convexo y de color café rojizo.

Esta especie se caracteriza por presentar lobulos anchos, redondos y no bifurcados de color gris y textura apergaminada en la cara superior. En la superficie inferior el tomento es de color marfil, característicamente. Las dimensiones de las ascas, las ascosporas y los parafisos facilitan la determinación taxonomica de esta especie por ser específicas.

Reportes previos

En la literatura consultada se encontró registrada para México por Nylander en 1858; B. de Lesdain en 1929 para el Estado de México; Gilbert en 1935 para el Distrito Federal; Vargas López en 1973 para Nuevo León; González de la Rosa y Guzmán en 1976 lo reportan para Jalisco, D. F., Michoacán, Puebla, Morelos y Veracruz (Gonzalez de la Rosa y Guzmán, 1976); Castorena (1981) para Puebla, y Chávez (1995) para Michoacán.

Número de ejemplares estudiados: 13.

9 DISCUSIÓN

Como el objetivo fundamental de este trabajo consiste en detectar las características taxonómicas que agilicen la determinación de las especies del género recolectado, y en ausencia de datos concluyentes aportados por las técnicas convencionales, fue necesario recurrir a métodos complementarios, propios de la micología, para analizar minuciosamente la anatomía microscópica de los ascomas maduros. Dicha alternativa mostró peculiaridades ascohimiales que, por ser determinantes, han sido señaladas puntualmente en la descripción de cada especie estudiada.

Aunque los reportes bibliográficos generalmente sólo detallan aspectos macroscópicos del género, como Hale (1979) y Swinscow y Krog (1988), algunos otros como Fink (1935), Lamb (1958) y Tehler (1996) sí atienden argumentos ascohimiales. Los dos primeros, hacen referencia a las ascosporas incoloras, en tanto que Tehler (1996) las describe de color café, tal como ocurre en otros miembros de la Familia Lobariaceae. Según las observaciones microscópicas realizadas en las tres especies poseedoras de ascomas, y después de compararlas con los datos antes señalados, las ascosporas incoloras coinciden con lo reportado por Fink (1935) y Lamb (1958).

Entre las inconsistencias que complican la determinación taxonómica de los ejemplares líquénicos, destacan los caracteres artificiales señalados al inicio de las claves, como es el caso del color del talo. Por ejemplo, en el caso particular de estos especímenes, se encontraron marcadas diferencias de color dependiendo del sustrato de procedencia (roca o corteza), por mostrar una variación marcada en la tonalidad de los colores gris y marrón. Estas observaciones, aparentemente interesantes para este proceso científico, concuerdan con Weber (1977), Egan (1986), Wetmore (1994), Shirazi *et al.* (1996), y con Martínez y Burgáz (1996), quienes han revelado la influencia de los factores ambientales sobre la configuración del talo. Por su parte, Lawrey (1986), también establece a la variación del color como dependiente de la intensidad luminosa. Mientras que Martínez y Burgáz (1997), señalan a la humedad como otro factor determinante.

Debido a que en las claves consultadas no se encontraron detalles sobre las estructuras de reproducción asexual, en este trabajo se buscó precisar la presencia, ubicación y proporción de los soredios, isidios, soredios isidiados, etc., en las cuatro especies objeto del estudio. De esta manera se ofrece la información que define, en el contexto del trabajo de estas especies, las peculiaridades encontradas al respecto, así como los rangos de variación de cada una de ellas. Todo ello, con el propósito de complementar el uso de las claves. **Ver cuadro 3.**

Hasta la fecha, en este género, la literatura no reporta ácidos líquénicos de importancia taxonómica, salvo lo reportado por Huneck (1973) acerca de un pigmento rojo violeta en la corteza inferior de *Sticta*, correspondiente al ácido polipórico. Durante el estudio, y a pesar de haber efectuado las pruebas microquímicas de reacción inmediata y de TLC, tampoco se detectó algún ácido. Sin embargo, en el caso particular de la corteza inferior de *S. weigeli*, se hace notar el desarrollo de un color anaranjado ocre, a los 10 segundos de aplicarse el reactivo K. Por lo tanto, quizás al realizar otros estudios del género, sería muy interesante la aplicación de técnicas químicas con mayor capacidad de resolución, como el HPLC.

En la literatura especializada destaca la ausencia de información relativa a las notorias peculiaridades del anfitecio, propio de los ascomas observados. Durante este estudio, logró caracterizarse su color blanco en *S. fuliginosa*, café rojizo en *S. weigeli*; marfil en *S. limbata*;

ornamentaciones miceliales de color blanquecino en *S. fuliginosa*. En tanto que la textura éste, en *S. weigelii* es rugosa, en *S. limbata* es lisa y en *S. fuliginosa* ornamentada. Al comparar estas apreciaciones, se detecta un carácter macroscópico adicional que agiliza la caracterización de las especies antes mencionadas.

Como las claves consultadas no detallan los caracteres referentes a las estructuras ascohiminales, a partir de las tres especies poseedoras de ascomas en este trabajo se obtuvieron datos micromorfométricos que, como parámetros cuantitativos distintivos, mostraron su utilidad para delimitar las especies analizadas. Entre estos resultados, destacan los siguientes:

S. weigelii presenta apotecio con pedúnculo largo (1 cm), anfitecio de color café rojizo y de textura rugosa. El himenio cuenta con parafisos de 112 μm de longitud, al igual que las ascas. Sus ascosporas presentan 38.5 μm de longitud y 10.5 μm de grosor.

S. limbata puede presentar un apotecio cóncavo o convexo, anfitecio de color marfil y de textura lisa. El epitecio es delgado, de 5.25 μm . Los parafisos presentan 87.5 μm de longitud y 3.5 μm de grosor. También, de manera propia, las ascas presentan 87.5 μm de largo y 28 μm de grosor. De las especies estudiadas, ésta es la única que muestra ascas carentes de fulcra, y ascosporas caracterizadas por tener 35.7 μm de largo y 7 μm de grosor.

En *S. fuliginosa*, de manera particular, los apotecios tienen un tamaño pequeño (1.5cm); anfitecio de color blanco con vellocidades micelianás; ascas bitunicadas y parafisos con 105 μm de longitud, pero el grosor es de 24.5 μm y 3.5 μm , respectivamente. Mientras que la longitud de sus ascosporas presenta un rango de 31.5-35 μm a 7 μm de grosor.

10 CONCLUSIONES

En primer lugar, y aunque entre los objetivos del trabajo no se contemplaba evidenciar la urgencia de agilizar los estudios sobre la flora líquénica existente en las Áreas Nacionales Protegidas, la visita de inspección efectuada el 28 de julio del 2000, a la Zona 2 de muestreo, demostró el deterioro acelerado que sufre el ecosistema de este Parque Nacional. Dicho diagnóstico surge de observar el desarrollo abundante de una vegetación propia de zonas perturbadas, la debilidad de la vegetación arbórea, la apertura del bosque que favorece la desecación de los substratos y la desaparición de gran parte de la flora epifítica. Daños que, además, han reducido notablemente la presencia de ascomas y basidiomas fúngicos y, por supuesto, de los líquenes.

Como a nivel mundial no existen especialistas dedicados a este género, los reportes científicos son escasos (Esslinger and Egan, 1995; y Esslinger, 1999) y se encuentran muy disgregados, lo que complica la realización de estudios específicos. Por ello, y a fin de impulsar estos trabajos, esta publicación aporta datos integrales sobre el género *Sticta*, a la vez que profundiza en los aspectos considerados como relevantes para la determinación taxonómica de algunas especies mexicanas.

Con respecto al diagnóstico efectuado para detectar el estado actual de la liquenología en México, después de buscar información bibliográfica puntual, revisar las colecciones de la mayoría de los herbarios más importantes del país, y de entrevistar a los especialistas responsables de dichas colecciones, resultó evidente el poco interés que se registra hacia el financiamiento de estudios relacionados con este taxón, y por tanto, los especialistas son escasos. En consecuencia, parecen obvias las limitaciones que retrasan los avances de esta disciplina, las cuales aplazan el desarrollo de investigaciones que ya se difunden en otros países, y entorpecen la comprensión de especies líquénicas singulares que habitan los ecosistemas mexicanos.

Después de procesar estos ejemplares con el rigor científico habitual, y de acuerdo con los resultados obtenidos mediante la metodología histoquímica, se puede recomendar el empleo de técnicas cromatográficas de alta resolución, como el HPLC, para localizar los metabolitos secundarios extracelulares en el talo líquénico de *Sticta*; ya que, en caso de existir, posiblemente se encuentren en cantidades traza, logrando con su identificación facilidades para discriminar a las especies del género. Tal como lo recomiendan Dey (1978), Goward, Diedrich y Rosentreter (1994) y Yoshimura *et al.* (1994).

Como producto del trabajo realizado se puede establecer la posibilidad de remontar las confusiones que algunos autores advierten durante la determinación taxonómica de las especies del género *Sticta*, entre ellas, las relacionadas con las variaciones en la tonalidad del talo, la imposibilidad de apoyarse en los parámetros químicos de los ácidos líquénicos, la escasa disponibilidad de claves específicas del género, etcétera.

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

ANEXO

No. ejemplar _____ Género propuesto _____ sp. propuesta _____

- Tipo de talo _____
- Color de talo _____
- Tamaño de talo _____
- Ancho de las ramificaciones (si las tiene) _____
- Tipo de sustrato (roca, suelo, corteza, etc.) _____
- Color de la corteza superior _____
 - a) Con manchas blancas _____
 - b) Fagmanetado _____
 - c) Reticulada _____
 - d) Pseudocifelas _____
- Color de la corteza interior _____
- Tipo de ficobionte _____
- Estructuras de fijación al sustrato. _____
 - a) Tomento _____
 - b) Cilios _____
 - c) Rizinas _____
- Estructuras reproductoras asexuales. _____
 - a) Soredios _____
 - b) Isidios _____
 - c) Sorediado isidiado _____
- Estructuras reproductoras sexuales. _____
 - a) Cleistotecios _____
 - b) Peritecios _____
 - c) Picnidios _____
 - d) Apotecios _____
 - 1.- diámetro de apotecios
 - 2.- color
 - 3.- tipo de margen
 - e) Tipo de ascas y número de esporas por asca
 - 1.- forma de ascospora
 - 2.- color
 - 3.- no. de septos.
 - 4.- tamaño

11 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, M., Coutiño, B. y Salinas, P. 1996. Manual General de Técnicas Histológicas y Citoquímicas. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F. 130 pp.
2. Ahmadjian, V., 1993. The Lichen Symbiosis. John Wiley. Sons, Inc. 250 pp.
3. Ahmadjian, V. and Parecer., 1986. Nature of a Lichen. (In: Ahmadjian, V. The Lichen Symbiosis.) John Wiley & Sons Inc. 1 pp.
4. Asahina, Y. and Shibata, S., 1954. Biochemistry and Secondary metabolites. (In: Lichen Biology. Nash, T. H. Ed. Cambridge Univ. Press) 154 - 180 pp.
5. Bernabe Gonzalez T., 1977. Algunas especies de líquenes del Estado de Guerrero. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Químico Biológicas. Universidad Autónoma de Guerrero. 68 pp.
6. Büdel, B. and C. Scheidegger., 1996. Tallus Morphology and Anatomy. (In: Lichen Biology. Nash, T. H. Ed. Cambridge Univ. Press) 38-64 pp.
7. Castorena, C. F., 1981. Contribución al conocimiento de los líquenes del Estado. de Puebla. Tesis Profesional. Escuela de Ciencias Químicas. Univ. Aut. de Puebla. 129 pp.
8. Chávez, A., 1995. Contribución al conocimiento de la flora líquénica de la Sierra del Centro (Eje Volcánico Transversal) en el Estado de Michoacán, México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 133 pp.
9. Cordoba, V. y Camargo, L., 1992. Estudio geológico preliminar, Parque Nacional "El Chico". Instituto de Investigaciones de la Tierra, Universidad Autónoma de Hidalgo. 18 pp.
10. Coutiño, B. y Mojica, A., 1982. Estudio de líquenes corticícolas de bosque mesófilo de montaña y de coníferas del Estado de Hidalgo. Bol. Soc. Mex. Micol.17: 166-180.
11. Coutiño, B. y Mojica, A., 1985. Líquenes de la región del Cofre de Perote-Xalapa. Revista Mex. Micol. 1: 379-399.
12. Coutiño, B., 1986. Líquenes. (En: A. Lot y F. Chiang (comp.). Manual de Herbario). Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. México. 65-75 pp.
13. Culberson, C. and Kristinsson, H., 1970. A standardized method for the identification of lichen products. Journal of Chromatography, 46 (1970) 85-93.
14. Culberson, C., 1972. Improved conditions and new data for the identification of lichen products by a standardized thin-layer chromatographic method. Journal of Chromatography, 72 (1972) 113-125.
15. Culberson, C., 1974. Conditions for the use of Merck silica gel 60 F254 plates in the standardized thin-layer chromatographic technique for lichen products. Journal of

Chromatography 97:107-108.

16. Culberson *et al.*, 1981. A standardized TLC analysis of beta-orcinol depsidones. *The Bryologist*, 84 (1):16-26.
17. Culberson, C. and Armaleo, D., 1992. Induction of a complete Secondary Product Pathway in a Cultured Lichen Fungus. *Experimental Mycology* 16:52-63.
18. DePriest, P., 1995. Evolution of the variable ribosomal DNA of the *Cladonia chlorophaea* complex. *Cryptogamic Botany* 5:60-70.
19. Dey, J. P., 1978. Fruticose and Foliose Lichens of the High-Mountain Areas of the Southern Appalachians. *The Bryologist*, 81(1):1-93.
20. Dobson, F., 1992. *Lichens. An Illustrated Guide to the British and Irish Species*. The Richmond Publishing Co. LTD, England. 376 pp.
21. Egan, R. S., 1989. Correlations and Non-Correlations of Chemical Variation Patterns with Lichen Morphology and Geography. *The Bryologist* 89(2):99-110.
22. Elix, J. A., 1996. Biochemistry and secondary metabolites. . (In: *Lichen Biology*. Nash, T. H. Ed. Cambridge Univ. Press). 154-180 pp.
23. Esslinger, T.L., and Egan R. T., 1995. A Sixth Checklist of the Lichen- forming, Lichenicolous, and Allied Fungi of the Continental United States and Canada. *The Bryologist* 98(4):467-549.
24. Esslinger, T.L., 1999. A Cumulative Checklist for the Lichen-Forming Lichenicolous and Allied Fungi of the Continental United States and Canada. North Dakota State University. <http://www.ndsu.nodak.edu/instruct/esslinger/checklst/chcklst7.htm>
25. Farrar, J.F., 1976. *The Symbiosis*. (In: *Lichen Biology*. Nash, T. H. Ed. Cambridge Univ. Press). 2-4 pp.
26. Feige, G. and Lumbsch, H., 1993. Identification of lichen substances by a standardized high-performance liquid chromatographic method. *Journal of Chromatography*. 646: 417-427 pp.
27. Fink, B., 1935. *The lichen Flora of the United State*. Ann Arbor. The University of Michigan Press. 426 pp.
28. García, E., 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen*. Ed. Particular, México. D.F.5 pp.
29. Galloway, D.J., 1996. Lichen biogeography. (In: *Lichen Biology*. Nash, T. Ed.) Cambridge Press. 199-216 pp.
30. Gilbert, A., 1935. *Líquenes del Valle de México*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. Tesis de Licenciatura en Biología. 153 pp.

31. Godínez, J. L. y Ortega, M. M., 1989. Liquenología de México, Historia y Bibliografía. Instituto de Biología, UNAM. 46 pp.
32. Gómez-Peralta, M., 1992. Líquenes del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán. México. Acta Botánica Mexicana 18:31-35.
33. González, B., 1977. Algunas especies de líquenes del Estado de Guerrero. Universidad Autónoma de Guerrero. Tesis Profesional. 68 pp.
34. González de la Rosa, M. E. y Guzmán, G., 1976. Estudios sobre los líquenes de México, III. Bol. Soc. Mex. Mic. 10:27-64, 1976.
35. Goward T., Diederich P. y Rosentreter R., 1994. Notes on the Lichens and Allied Fungi of British Columbia. II. The Bryologist 97(1) 56-62.
36. Hale, M.E., 1967. The Biology of Lichens. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London. 176 pp.
37. Hale, M.E., 1974. The Biology of Lichens. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London. 176 pp.
38. Hale, M.E., 1979. How to Know the Lichens. Wm. C. Brown, Editors. Pictured Key Nature Series. Dubuque Iowa. 246 pp.
39. Hale, M.E., 1976. Lichen Structure viewed with the Scanning Electron Microscope. (In: Lichenology: Progress and Problems. Brown, D.H., Hawksworth, D.L. and Bailey, R.H. eds.). Systematics Association Special Volume No.8. Academic Press, London. 1-15 pp.
40. Hale, M. E. and Cole, M., 1988. Lichens of California. University of California Press. USA. 253 pp.
41. Hamada, N., 1993. Effects of Osmotic Culture Conditions on Isolated Lichen Mycobionts. The Bryologist. 96(4):569-572.
42. Hamasaki, T. M., M. Renbutsu and Y. Hatsuda., 1967. A red pigment from *Aspergillus versicolor* (Vuillemin) Tiraboschi. Agricultural and Biological Chemistry. 31: 1513-1514. (In: Ahmadjian, V. 1993. The Lichens. John Wiley & Sons). 250 pp.
43. Hawksworth, D. L., Kirk, P. M., Pegler, D. N., Sutton, B. C. and Ainsworth G. C., 1993. Ainsworth & Bisby's Dictionary of Fungi. 8th ed. C. A. B. International, Wallingford.
44. Huneck, S., 1973. Nature of Lichen Substances (In: The Lichens. Ahmadjian, V. And Hale, M. E. Eds.) Academic Press. 495-592 pp.
45. Jahns, H. M. 1973. Anatomy, Morphology, and Development (In: The Lichens. Ahmadjian, V. And Hale, M. E. Eds.) Academic Press. 3-57 pp.
46. Lamb, M. 1958. Anales de Parques Nacionales. Dirección de Parques Nacionales. República de Argentina. 188 pp.

47. Lawrey, J. D., 1986. Biological Role of Lichen Substances. *The Bryologist*.
48. Letrouit-Galinou, M. A., 1973. Sexual Reproduction (In: *The Lichens*. Ahmadjian, V. and Hale, M. E. Eds.) Academic Press. 59-87 pp.
49. Melo Gallegos C. y López García J., 1994. Parque Nacional El Chico, Marco Geográfico Natural y Propuesta de Zonificación para su Manejo Operativo. *Boletín de Investigaciones Geográficas*. Instituto de Geografía, UNAM. 28:65-128.
50. Martínez, I., y Burgáz, A. R., 1998. Revision of the genus *Solorina* (Lichenes) in Europe based on spore size variation.. *Ann. Bot. Fennici* 35: 137-142.
51. Martínez, I., Burgáz, A. R. and Vitikainen O., 1997. Studies on The genus *Peltigera* in the Iberian Peninsula. II. *Nova Hedwigia* 64: 367-391.
52. Martínez, I., y Burgáz, A. R., 1996. Anatomical study of *Peltigera canina*, *P. membranacea* and *P. praetextata* *Ann. Bot. Fennici* 33: 223-229.
53. Nash III, T.H., 1996. Nutrients, elemental accumulation and mineral cycling.(In: *Lichen biology*. Nash III, T.H. Ed.) Cambridge Univ. Press. 137-153 pp.
54. Poelt, J., 1973. Classification. Appendix A. (In: *The Lichens*. Ahmadjian, V. and Hale, M. E. Eds.) Academic Press. 599-630 pp.
55. Ramaut, J. L., 1967. Séparation en chromatographie sur couches minces de l'atranorine et de l'acide usnique. *J. Chromatog.* 31:580-582.
56. Richardson, D.H.S., 1988. Importance of Lichens. (In. *The Lichen Symbiosis*. Ahmadjian, V.) John Wiley & Sons, Inc. 7 pp.
57. Rzedowski, J., 1991. *Vegetación de México*. Ed. Limusa, México, D.F. 432 pp.
58. Ryan, B. D., Nash, T. III and Herrera Campos, M.A., 1996. Catalog of the Lichens of Mexico. <http://mgd.nacse.org/Arizona/sonoran/desert/checkmex.html>
59. Scott, G. D. , 1973. Evolutionary Aspects of Symbiosis. (In: *The Lichens*. Ahmadjian, V. and M. E. Hale Eds.), Academic Press, Inc. Pags. 581-595.
60. SEMARNAP, 1996. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Diario Oficial de la Federación. 13 de diciembre.]
61. Solberg, Y., 1987. Chemical Constituents of the Lichens *Cetraria delisei*, *Lobaria pulmonaria*, *Stereocaulon tomentosum* and *Usnea hirta*. *Journ. Hattori Bot. Lab.* No.63: 357-366.
62. Swinscow T. D. V. and Krog H., 1988. *Macrolichens of East Africa*. British Museum Natural History. 390 pp.
63. Tehler, A., 1996. Systematics, Phylogeny and Classification. (In. *Lichen Biology*. Nash, T. Ed.) Cambridge Univ. Press. 217-239 pp.

64. Watchmeister, C. A., 1956. Identification of lichen acids by paper chromatography. (In: Lichen Biology. Nash, T. Ed.) Cambridge Univ. Press. 164 pp.
65. Weber, W. A., 1977. Environmental Modification and Lichen Taxonomy. (In: Lichen Ecology. Seaward M. Ed.) Academic Press. 9-27 pp.
66. Wetmore, C. M., 1994. The lichen genus *Calopaca* in North and Central America with brown or black apotecia. *Mycologia* 86(6):813-838.
67. White, F. J. and James P.W., 1985. A new guide to microchemical techniques for the identification of lichen substances. *British Lichen Society Bull.* Vol.57 Suppl. 41 pp.
68. Yoshimura, I., 1984. Taxonomic Studies on *Lobaria crenulata* and its Allies. *J. Hattori Bot. Lab.* 57: 97-126.
69. Yoshimura I., Kurokawa T., Kinoshita Y., Yamamoto Y., and Miyawaki H., 1994. Lichen Substances in Cultured Lichens. *J. Hattori Bot. Lab. No.* 76: 249-261.