

Inventario taxonómico de líquenes de la Sierra Tarahumara, Chihuahua

Lichen taxonomic inventory of the Sierra Tarahumara, Chihuahua

Rocío Alejandra Zúñiga-González ¹, Violeta Chacón-Ramos ², Isela Leticia Álvarez-Barajas ³, Jesús Alejandro Nájera-Medellín ¹, Miroslava Quiñonez-Martínez ¹

¹ Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Av. Benjamín Franklin 4650, Zona PRONAF, C.P. 32315, Cd. Juárez, Chihuahua, México.

² Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez. Av. Universidad Tecnológica 3051, Col. Lote Bravo, C.P. 32695, Cd. Juárez, Chihuahua, México.

³ Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez 2100, C.P. 45200, Nextipac, Zapopan, Jalisco.

RESUMEN

Antecedentes: Los líquenes constituyen asociaciones mutualistas entre un organismo fotosintético y un hongo, importantes formadores del suelo, alimento, refugio para animales y bioindicadores de calidad ambiental. En México, los estudios líquénicos se han concentrado en el centro y sur, siendo escasos en Chihuahua, principalmente en bosques templados de la Sierra Tarahumara.

Objetivo: Elaborar un inventario taxonómico de líquenes presentes en los bosques de la Sierra Tarahumara, Chihuahua.

Métodos: Se recolectaron líquenes en 17 zonas de la Sierra Tarahumara durante junio-agosto del 2009 al 2020. Se empleó la técnica de cuadrantes (cuatro parcelas de 25 × 50 m) donde se buscó a estos organismos en distintos sustratos. La identificación se basó en análisis macro y micromorfológicos.

Resultados y conclusiones: Se identificaron 67 especies pertenecientes a tres clases, nueve órdenes, 16 familias y 33 géneros. La familia Parmeliaceae (31 spp.) fue la más frecuente; se reportan 11 nuevos registros para Chihuahua y taxones con potencial bioindicador de contaminación atmosférica y edáfica (*Cladonia* spp. y *Flavopunctelia praesignis*). El talo folioso (35 spp.) y líquenes epífitos predominaron. El estudio representa el primero en su tipo en Chihuahua, se recomienda incrementar las zonas de muestreo para integrar otros ecosistemas como selva baja y matorral.

Palabras clave: Comunidad líquénica, riqueza, México

ABSTRACT

Background: Lichens form a mutualistic association between a photosynthetic organism and fungi, important for soil formation, food, animal shelter, and environmental quality bioindicators. In Mexico, lichen studies have been concentrated in the center and south region, being scarce in Chihuahua, mainly in temperate forests of the Sierra Tarahumara.

Objective: To develop a lichen taxonomic inventory in the forests of the Sierra Tarahumara, Chihuahua.

Methods: Lichens were collected in 17 zones in the Sierra Tarahumara, during June-August from 2009 to 2020. The quadrant technique (four plots of 25 × 50 m) was used. Lichens were searched in different substrates to collect them. The identification was carried out throughout macro and micromorphological studies.

Results and conclusions: 67 species belonging to three classes, nine orders, 16 families and 33 genera were identified. The Parmeliaceae family (31 spp.) was the most frequent, 11 new records are reported for Chihuahua, including taxa with potential bioindicator of atmospheric and soil contamination (*Cladonia* spp. and *Flavopunctelia praesignis*). Foliose thallus (35 spp.) and epiphytic lichens (48 spp.) were predominant. This study represents the first of its kind for Chihuahua; it is recommended to increase the sampling areas to integrate other ecosystems such as dry forest and scrubland.

Keywords: Lichen community, richness, Mexico

ARTICLE HISTORY

Received 06 September 2021 / Accepted 30 June 2022

Published on line 26 July 2022

CORRESPONDING AUTHOR

✉ Miroslava Quiñonez-Martínez, e-mail: mquinone@uacj.mx

ORCID: 0000-0003-4424-4800

INTRODUCCIÓN

Los líquenes conforman una asociación simbiótica, mutualista, estable y ecológicamente obligada entre hongos y un conjunto de organismos fotosintéticos que pueden ser algas y/o cianobacterias (Kosanić y Ranković 2019). El resultado de esta asociación es diferente a la apariencia independiente de estos organismos, ya que su compleja asociación tiene un alto grado de organización y caracteres morfofisiológicos peculiares (ANPA 2001), que permite habitar aproximadamente el 8 % de los ecosistemas terrestres: desérticos, tropicales y fríos (Kirk et al. 2008, Hawksworth y Lücking 2017). Se caracterizan por su capacidad de colonizar la roca desnuda y formar suelo junto con otros organismos, constituyendo lo que se conoce como costras biológicas (Castillo-Monroy y Maestre 2011, Castillo-Monroy y Benítez 2015). Favorecen la prevención de la desertificación y restauración del suelo erosionado e influyen en la distribución y abundancia de plantas, animales y microorganismos del suelo (Shepherd et al. 2002, Castillo-Monroy y Maestre 2011). Son productores primarios que conforman parte de la dieta de algunos animales (Barreno-Rodríguez y Pérez-Ortega 2003, Seaward 2008). Constituyen el hábitat y refugio para invertebrados, utilizados por aves para anidación y camuflaje (Brodo et al. 2001, Nash III 2008). Tienen capacidad de bioacumulación de elementos como nitrógeno, fósforo y azufre e incluso contaminantes orgánicos y metálicos (Boonpeng et al. 2017). Además del papel importante en el ecosistema, son sensores naturales ante cambios estructurales del bosque, por lo que se implementan como indicadores complementarios de perturbación del bosque y como una medida para su gestión y manejo (McCune 2000).

En México se han estimado alrededor de 2,833 taxones de líquenes (2,722 especies y 111 infraespecíficas) (Herrera-Campos et al. 2014), cuyos estudios se han concentrado más en bosques templados de coníferas y encinos de las regiones del centro y sur de México, principalmente en los estados de Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Puebla, Tlaxcala y Veracruz, con mayor frecuencia en líquenes de tipo cortícolas (Gómez-Peralta y Gómez-Reyes 2005, Sánchez-Jácome y Guzmán-Dávalos 2011, Gregorio-Cipriano et al. 2016); sin embargo, los estudios de estos organismos en Chihuahua son escasos donde se estiman cerca de 500 especies (Herrera-Campos et al. 2014).

Chihuahua cuenta con la mayor superficie forestal en México, con cinco millones de hectáreas de bosque (CONABIO 2013), en la parte sureste se localiza la Sierra Tarahumara, la cual se caracteriza por su gran variedad de hábitats y la mayor diversidad de asociaciones de pinos, encinos y madroños a nivel mundial (González-Elizondo et al. 2012). Los diferentes tipos de bosques templados que caracterizan esta zona (bosque de pino, pino-encino, encino-pino, bosque bajo de tipo chaparral) están determinados principalmente por el gradiente altitudinal, la influencia del clima (temperatura y precipitación) y las condiciones del suelo (Lebgue-Keleng et al. 2014). Por lo que se considera que estas características influyen en la riqueza, formas de crecimiento y tipo de sustrato de los líquenes. El objetivo de este trabajo es generar un inventario taxonómico de líquenes, donde se indique la forma de crecimiento y el tipo de sustrato en el que se desarrollan, en algunos bosques de pino y bosques mixtos de la Sierra Tarahumara de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Se ubica en la Sierra Tarahumara, caracterizada por ser una cadena montañosa que forma parte de la Sierra Madre Occidental de Chihuahua, en el norte de México. Se encuentra a una altitud de 1,600-2,400 m s.n.m. El clima se clasifica en semihúmedo y frío, con una temperatura máxima de 31.1 °C y una mínima de -17.8 °C (INAFED y SEGOB 2010). El muestreo fue no probabilístico de tipo dirigido en los municipios de Bocoyna, Guachochi, Madera, Temósachic, Ocampo y Urique, que corresponden a ecosistemas de bosque bajo y bosque templado de pino y pino-encino, principalmente.

Recolecta de líquenes

El periodo de recolecta se realizó durante los meses de junio-agosto del 2009-2020 en 12 localidades de seis municipios de la Sierra Tarahumara, Chihuahua, en total fueron 17 zonas de muestreo (Tabla 1). Para cada una se delimitaron cuatro parcelas de 25 × 50 m (1,250 m²), con una superficie de 5,000 m², al final se juntaron todos los resultados obtenidos de las parcelas para presentarse a nivel de localidad. Posteriormente se registraron las diferentes especies de líquenes según el tipo sustrato: suelo, roca, corteza o musgo. Los

especímenes se guardaron en una bolsa de papel para el adecuado traslado al Laboratorio de Biodiversidad de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

Identificación y descripción de los líquenes

Para la determinación de los géneros y especies de líquenes se realizaron estudios macro y micromorfológicos de estructuras externas e internas. Para la caracterización macroscópica se observó el tipo de talo, tamaño de lóbulos, coloración, diámetro y tipo de los apotecios, presencia o ausencia de rizinas, cilios, tomento, cífelas, picnidios, isidios, soredios, etc., bajo un microscopio estereoscópico. Posterior, se sometieron a pruebas químicas con hipoclorito de sodio (NaClO), hidróxido de potasio (KOH) al 10 % y en combinación de ambos reactivos, observando las reacciones del ejemplar bajo lupa. Para la caracterización microscópica se hicieron preparaciones temporales de cortes del talo, apotecios y peritecios para examinar las ascas y esporas con KOH al 10 % (Nash III 2008, Nash III *et al.* 2002) para disolver sustancias cristalinas y clarificar secciones oscuras; luego se observó el tipo de conformación de células del talo; ta-

maño, forma, ornamentación, coloración y número de septos de las esporas.

Las características registradas se contrastaron con diferentes claves taxonómicas de líquenes (Sierk 1964, Hale 1975, 1976, 1980, 1984, Meyer 1985, Scheidegger 1993, Herrera-Campos *et al.* 1998, Brodo *et al.* 2001, 2019, Nash III *et al.* 2002, 2007, Søhrabi y Jamshidikia 2007, Søchting *et al.* 2008, Randle *et al.* 2009, Junji-Kitaura 2012, Jayalal *et al.* 2013, 2014, Park *et al.* 2019). Una vez determinada la especie o género se revisó su descripción. La nomenclatura se corroboró en la base de datos de Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org/>). Finalmente, se obtuvo la frecuencia relativa (%) de las especies con base en su tipo de talo, sustrato y localidad.

RESULTADOS

Diversidad de líquenes

La diversidad total de líquenes fue de 67 especies, ubicadas taxonómicamente en el reino Fungi, phylum Ascomycota, subphylum Pezizomycotina, en tres clases, nueve órdenes, 16 familias y 33 géneros (Tabla 2). La

Tabla 1. Zonas de muestreo de líquenes por localidad en la Sierra Tarahumara, Chihuahua

Número	Localidad y Municipio	Vegetación	Altitud (m s.n.m.)	Latitud (N)	Longitud (O)
1	Arareco, Bocoyna	BP	2597	28° 11' 09.4"	108° 00' 15.7"
		BPE	2307	27° 42' 21.3"	107° 35' 72.4"
2	Creel, Bocoyna	BPE	2350	27° 45' 17.2"	107° 35' 50.3"
		BPE	2419	27° 45' 16.2"	107° 37' 39.7"
		BPE	2419	27° 45' 15.2"	107° 37' 38.4"
3	Huetosacachi, Bocoyna	BPE	2242	27° 47' 24"	107° 38' 32"
4	Situriachic, Bocoyna	BPE	2398	27° 56' 43.6"	107° 38' 33.5"
5	San Juanito, Bocoyna	BPE	2501	27° 58' 17.2"	107° 36' 00.2"
		BPE	2391	28° 00' 40.9"	107° 35' 39.0"
6	Cusarare, Guachochi	BPE	2205	27° 37' 56.7"	107° 33' 34.4"
7	Peñitas, Madera	CH	2153	29° 16' 39.6"	108° 07' 12"
		CH	2118	29° 11' 58.2"	108° 09' 31.2"
8	Basaseachi, Ocampo	BPE	2365	28°15'32.53"	107° 46' 49.41"
9	Yepachi, Temósachi	BEP	1818	28° 25' 50.1"	108° 23' 57"
10	Cuiteco, Urique	BEP	1970	27° 25' 10.0"	107° 59' 28.2"
11	El Divisadero, Urique	BEP	2327	27 11' 03.07"	108°09' 19.31"
12	San Rafael, Urique	BPE	2097	27° 30' 06.6"	107° 52' 27.9"

BEP: Bosque de Encino-Pino; BP: Bosque de Pino; BPE: Bosque de Pino-Encino; CH: Chaparral.

familia Parmeliaceae fue la más frecuente en la Sierra Tarahumara, destacando las especies de *Flavopunctelia*, *Hypotrachyna*, *Parmotrema*, *Pseudevernia*, *Punctelia* y *Usnea*, presentes en ocho de las 12 localidades estudiadas. En la Figura 1 se muestran algunas de las especies determinadas.

De los 363 géneros reportados por Herrera-Campos et al. (2014) en México, se encontraron 33, lo que representa un 9 % de la riqueza nacional. Los géneros que tuvieron el mayor número de especies son: *Leptogium* (4), *Heterodermia* (3), *Leucodermia* (3), *Flavoparmelia* (3), *Pseudovernia* (3), *Flavopunctelia* (4), *Hypotrachyna* (4), *Parmotrema* (4) y *Punctelia* (4), los últimos siete dentro de la familia Parmeliaceae. Se registran por

primera vez para Chihuahua 11 especies de líquenes (16.4 %) pertenecientes a *Acarospora*, *Circinaria*, *Gyalolechia*, *Hypotrachyna*, *Parmelina*, *Parmotrema*, *Pseudevernia*, *Punctelia* y *Peltigera*.

La familia Parmeliaceae presentó el mayor número de registros (34), seguido de Physciaceae (8), Lecanoraceae y Colemataceae (6, en ambas) (Figura 2). De las 12 localidades estudiadas, en Creel se encontró más diversidad de taxones (29), seguida de Arareco (18) y Cusárare (18); en las localidades restantes varió de nueve a una especie (Figura 3). De acuerdo con el tipo de vegetación se encontró una alta riqueza de líquenes en BPE (53), seguido de BP (17), CH (6) y BEP (3).

Tabla 2. Especies de líquenes de las 12 localidades de la Sierra Tarahumara. Se indica el número de registro con el que se encuentra depositado en el Laboratorio de Biodiversidad de la UACJ

Especie	Forma de crecimiento	Sustrato	Localidad	Registro
Clase CANDELARIOMYCETES				
CANDELARIALES				
Familia Candelariaceae				
<i>Candelina submexicana</i> (B. de Lesd.) Poelt (1974).	CR	SX	6, 7, 8	UACJ 006, UACJ 014, UACJ 091
Clase EUROTIOAMYCETES				
VERRUCARIALES				
Familia Verrucariaceae				
<i>Dermatocarpon</i> sp. Eschw. (1824)	FL	SX	1,8	UACJ 002, UACJ 016
ACAROSPORALES				
Familia Acarosporaceae				
* <i>Acarospora contigua</i> H. Magn. (1929)	CR	SX	7	UACJ 117
Familia Caliciaceae				
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins y Scheid. (1993)	CR	CT	1,2	LBL 011, LBL 094
Clase LECANOROMYCETES				
CALICIALES				
Familia Physciaceae				
<i>Heterodermia diademata</i> (Taylor) D.D. Awasthi (1973)	FL	CT	7	UACJ 053
<i>Heterodermia tropica</i> (Kurok.) Sipman (1996)	FL	TR	8	UACJ 051, UACJ 055
<i>Heterodermia</i> sp. Trevis (1868)	FL	CT	1,2	LBL 124
<i>Leucodermia appalachensis</i> (Kurok.) Kalb (2015)	FL	CT-MS	6,8	UACJ 049, UACJ 052
<i>Leucodermia boryi</i> (Fée) Kalb (2015)	FL	CT	9	UACJ 050
<i>Leucodermia leucomelos</i> (L.) Kalb (2015)	FL	MS-SX	8	UACJ 093
<i>Physcia halei</i> J.W. Thomson (1963)	FL	CT	6	UACJ 103
<i>Polyblastidium hypoleucum</i> (Ach.) Kalb (2015)	FL	TR	8	UACJ 054

Continúa Tabla 2

Especie	Forma de crecimiento	Sustrato	Localidad	Registro
Familia Cladoniaceae				
<i>Cladonia</i> sp. P. Browne (1756)	CO	TR	1,2	LBL 096
<i>Cladonia jaliscana</i> Ahti y Guzm.-Dáv (1998)	CO	TR-HM	1,2,3,8	UACJ 033, UACJ 036, UACJ 037, UACJ 039, LBL 006
Familia Haematommataceae				
<i>Haematomma fenzlianum</i> A. Massal (1961)	CR	SX-CT	6	UACJ 102
LECANORALES				
Familia Lecanoraceae				
<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach. (1810)	CR	CT	6,8	UACJ 098, UACJ, 100
<i>Lecanora caesiorubella</i> Ach. (1810)	CR	CT	1,2	LBL 071, LBL 120
<i>Lecanora</i> sp. Brodo y Vitik (1984)	CR	CT	1,2	LBL 55, LBL 116
<i>Ochrolechia</i> sp. A. Massal (1852)	CR	CT	1,2	LBL 111
Familia Parmeliaceae				
<i>Alectoria</i> sp. Link (1833)	FR	CT	6,9	UACJ 106, UACJ 127
<i>Bulbothrix</i> sp. Hale (1974)	FL	CT	7	UACJ 047
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale (1986)	FL	CT-SX	1, 5, 6	UACJ 058, UACJ 059, UACJ 060, UACJ 061, UAC 063
<i>Flavoparmelia rutidota</i> (Hook. f. & Taylor) Hale (1986)	FL	CT-SX	1, 6	UACJ 057, UACJ 062
<i>Flavopunctelia darrowii</i> (J.W. Thomson) Hale (1984)	FL	CT	1, 2, 5	LBL 103, UACJ 065, UACJ 066
<i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirt.) Hale (1984)	FL	CT	2	LBL 050
<i>Flavopunctelia praesignis</i> (Nyl.) Hale (1984)	FL	CT	1,2	LBL 075, LBL 118
<i>Flavopunctelia soledica</i> (Nyl.) Hale (1984)	FL	CT	2	LBL 011
* <i>Hypotrachyna boquetensis</i> (Hale) Hale (1975)	FL	CT	2	LBL 054B
<i>Hypotrachyna brevirhiza</i> (Kurok.) Hale (1975)	FL	CT	1	LBL 054A
* <i>Hypotrachyna livida</i> (Taylor) Hale (1975)	FL	CT	2	LBL 011B
<i>Hypotrachyna pulvinata</i> (Fée) Hale (1975). BP	FL	CT	1, 2	LBL 094
<i>Imshaugia placorodia</i> (Ach.) S.L.F. Mey. (1985)	FL	CT	2	LBL 102
* <i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale (1974)	FL	CT	2	LBL 25, LBL 101
* <i>Parmotrema cristiferum</i> (Taylor) Hale (1974)	FL	SX-MS	6	UACJ 122
<i>Parmotrema cetratum</i> (Ach.) Hale (1974)	FL	CT	2	LBL 054C
<i>Parmotrema</i> sp. A. Massal (1860)	FL	SX-HM-MS	6	UACJ 125
<i>Parmotrema stuppeum</i> (Taylor) Hale (1974)	FL	CT	5	UACJ 068
<i>Parmotrema subtinctorium</i> (Zahlbr.) Hale (1974)	FL	CT	2	LBL 135
* <i>Pseudevernia cladonia</i> (Tuck.) Hale & W.L. Culb. (1966)	FR	CT	5, 6	UACJ 021, UACJ 022, UACJ 023, UACJ 031
<i>Pseudevernia consocians</i> (Vain.) Hale WL Culb. (1966)	FL-FR	CT	2, 4, 5, 6	LBL 71, LBL 120, UACJ 028, UACJ 029, UACJ 030

Especie	Forma de crecimiento	Sustrato	Localidad	Registro
<i>Pseudevernia intensa</i> (Nyl.) Hale & W.L. Culb. (1966)	FL-FR	CT	2, 4, 5, 7, 8	LBL 002, UACJ 003, UACJ 012, UACJ 024, UACJ 025, UACJ 026, UACJ 027, UACJ 032
* <i>Punctelia borrieri</i> (Turner) Krog (1982)	FL	CT-SX	6	UACJ 070, UACJ 072
<i>Punctelia rudecta</i> (Ach.) Krog (1982)	FL	SX	8	UACJ 071
* <i>Punctelia stictica</i> (Delise ex Duby) Krog (1982)	FL	SX	12	UACJ 069, UACJ 073
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog (1982)	FL	MS-SX	8	UACJ 074
<i>Usnea intermedia</i> (A. Massal.) Jata (1909)	FR	CT	1,2	LBL 001, LBL 130
<i>Usnea</i> sp. Dill. Ex Adans (1763)	FR	CT	6	UACJ 108
<i>Xanthoparmelia</i> sp. (Vain.) Hale (1974)	FL	SX	8	UACJ 111
Familia Coccocarpiaceae				
<i>Coccocarpia</i> sp. Pers. In Gaud. (1827)	FL	MS-TR	8	UACJ 093
PELTIGERALES				
Familia Collemataceae				
<i>Leptogium arsenei</i> Sierk (1964)	FL	CT	2	LBL 078
<i>Leptogium burnetiae</i> C.W. Dodge (1964)	FL	CT	7	UACJ 077
<i>Leptogium chloromelum</i> (Ach.) Nyl. (1857)	FL	CT	2	LBL 072
<i>Leptogium rugosum</i> Sierk (1964)	FL	CT	2, 7	LBL 132, UACJ 080
Familia Lobariaceae				
<i>Sticta beauvoisii</i> Delise (1822)	FL	MS-HM	1, 6	UACJ 005, UACJ 015
Familia Peltigeraceae				
* <i>Peltigera polydactylon</i> (Neck.) Hoffm. (1789)	FL	HM-MS-TR	10, 11	UACJ 010
PERTUSARIALES				
Familia Megasporaceae				
* <i>Circinaria contorta</i> (Hoffm.) A. Nordin, Savić & Tibell (2010)	CR	SX	8	UACJ 123
TELOSCHISTALES				
Familia Teloschistaceae				
<i>Blastenia crenularia</i> (With.) Arup, Søchting & Frödén (2013)	CR	CT	2	LBL 121, LBL, 134
<i>Caloplaca</i> sp. Th. P. (1860)	CR	SX-MS	5, 6, 8	UACJ 086, UACJ 087, UACJ 088, UACJ 089, UACJ 090
* <i>Gyalolechia flavorubescens</i> (Huds.) Søchting, Frödén & Arup (2013)	CR	CT	5, 6	UACJ 082, UACJ 084
<i>Gyalolechia flavovirescens</i> (Wulfen) Søchting, Frödén & Arup (2013)	CR	SX	12	UACJ 083
UMBILICARIALES				
Familia Umbilicariaceae				
<i>Lasallia papulosa</i> (Ach.) Llano (1950)	FL	SX	5, 6	UACJ 017, UACJ 018

Forma de crecimiento= CR: Crustoso. FL: Folioso. FR: Fruticoso. CO: Compuesto. Sustrato= SX: Saxícola. CT: Cortícola. MS: Muscícola. HM: Humícola. TR: Terrícola.

*Nuevo registro para Chihuahua.

LBL= Laboratorio de Biodiversidad Líquenes.

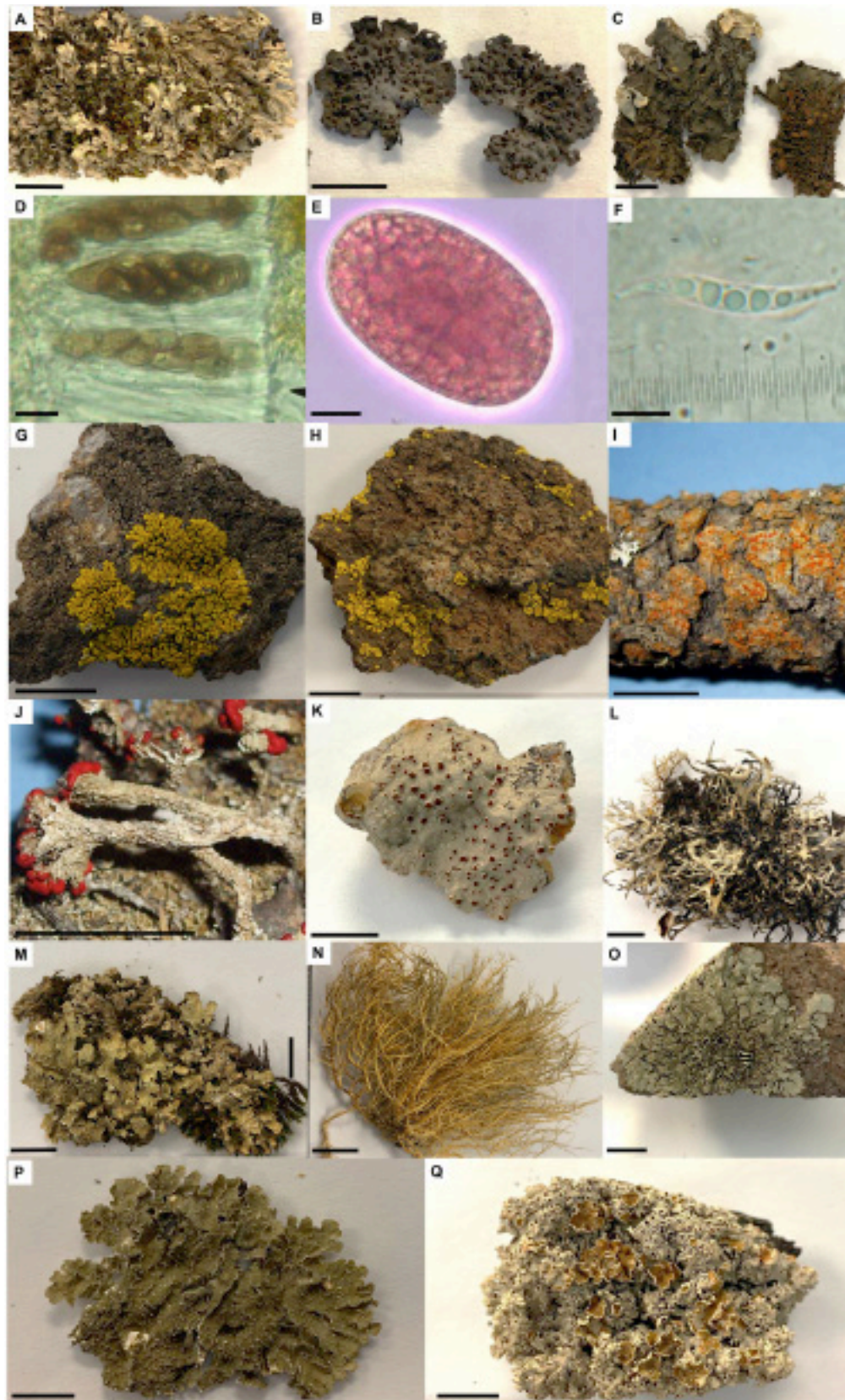


Figura 1. Ejemplares de líquenes presentes en las zonas de estudio. A: apotecios de *Heterodermia tropica* (UACJ 055). B: *Lasallia papulosa* (UACJ 018). C: *Leptogium rugosum* (UACJ 080). D: ascas de *H. tropica*. E: espora de *L. papulosa*. F: espora de *L. rugosum*. G: *Candelina submexicana* (UACJ 091). H: *Acarospora contigua* (UACJ 117). I: *Gyalolechia flavorubescens* (UACJ 082). J: *Cladonia jaliscana* (UACJ 033). K: *Haematomma fenizianum* (UACJ 102). L: *Pseudevernia cladonia* (UACJ 021). M: *Punctelia subrudecta* (UACJ 074). N: *Usnea* sp. (UACJ 108). O: *Xanthoparmelia* sp. (UACJ 111). P: *Punctelia rudecta* (UACJ 071). Q: *Bulbotrix* sp. (UACJ 047). Barra de escala: A-C, G-Q= 1 cm; D-F= 10 μ m.

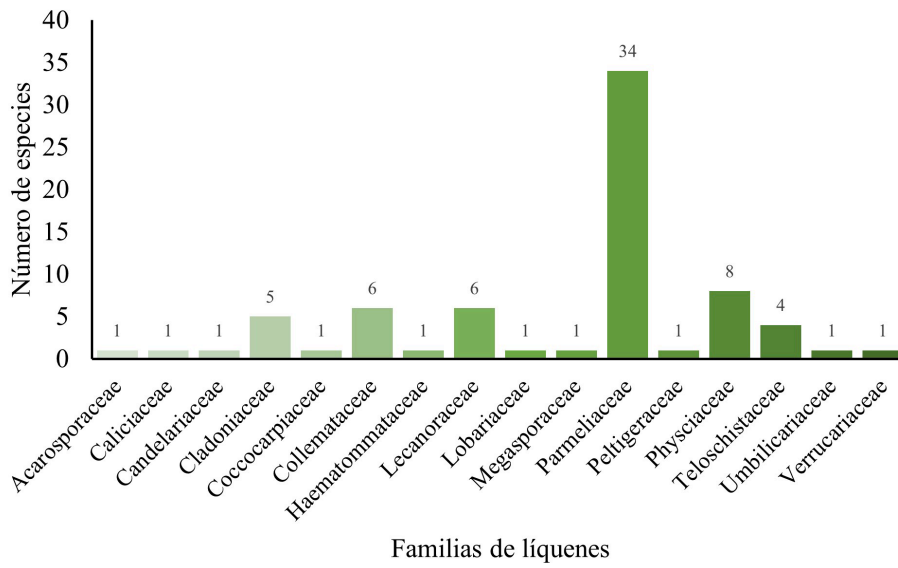


Figura 2. Número de especies por familias de líquenes registradas en las 12 localidades de la Sierra Tarahumara.

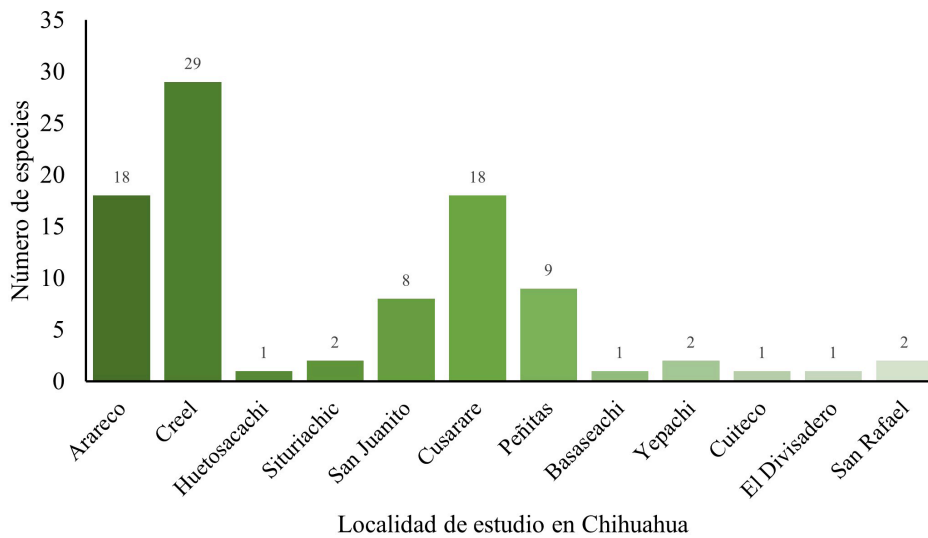


Figura 3. Número de especies de líquenes por zona de muestreo en las 12 localidades de la Sierra Tarahumara.

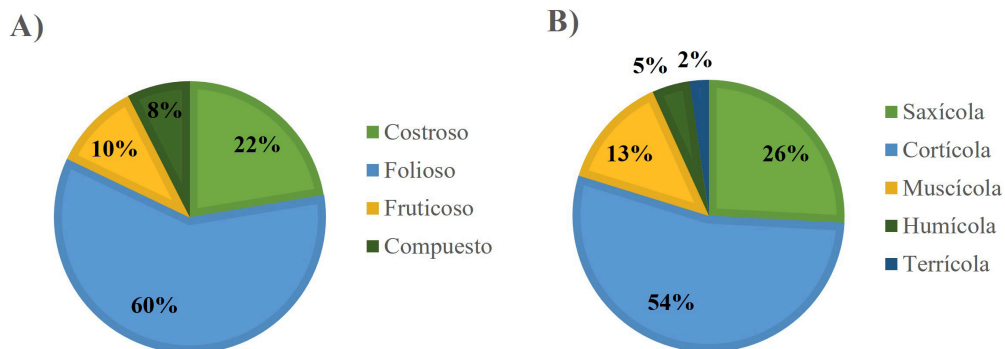


Figura 4. Preferencia de talo y sustrato de especies de líquenes. A: Tipo de talo. B: Tipo de sustrato.

Forma de crecimiento

La forma de crecimiento más frecuente fue la de tipo folioso con 35 especies, ocupando el 60 % del total, seguida por el talo costroso (22 %), fruticoso (10 %) y compuesto (8 %) (Figura 4A). La frecuencia de líquenes en cuanto a preferencia de sustrato fue mayor en tipo cortícola, también llamados líquenes epífitos, se registraron 48 especies que corresponden al 54 % del total, seguida de saxícolas (23 spp.), muscícolas (12 spp.), humícolas (4 spp.) y terrícolas (2 spp.) (Figura 4B).

DISCUSIÓN

Las 67 especies determinadas representan un aproximado del 13 % de la riqueza estimada a nivel estatal de 500 especies por Herrera-Campos et al. (2014). Parmeliaceae fue la familia mejor representada (29 spp.), lo cual concuerda con lo reportado por León-González y Pérez-Pérez (2020) quienes también determinaron a esta familia como la más abundante (45 spp.) en bosques templados de Oaxaca. Gollaway (2008) menciona que esto es debido a su carácter cosmopolita; asimismo, Herrera-Campos et al. (2014), estimaron que existen alrededor de 48 géneros y 519 especies con 17 endémicas pertenecientes a esta familia, siendo también la más numerosa en el país y las más frecuentes en bosques templados. Otros géneros reportados anteriormente como abundantes y concuerdan con los encontrados en la Sierra Tarahumara son: *Acarospora*, *Caloplaca*, *Cladonia*, *Hypotrachyna*, *Lecanora*, *Parmotrema*, *Physcia*, *Usnea* y *Xanthoparmelia*.

De los 21 órdenes registrados para México (Herrera-Campos et al. 2014), en el presente estudio se citan nueve, siendo el orden Lecanorales el de mayor proporción de especies (50.7 %). A nivel de familia se encontraron 16 de las 84 reportadas en el país. Parmeliaceae presentó el mayor número de especies con 29 (43 %), seguido de Physciaceae (8 spp.), esto es similar a estudios sobre líquenes en comunidades vegetales conformadas por bosques de coníferas y bosques mixtos realizados en México en los estados de Oaxaca (León-González y Pérez-Pérez 2020) y Michoacán (Gregorio-Cipriano et al. 2016), y en los Estados Unidos de América en Colorado (Leavitt et al. 2016) y Carolina del Norte (Perlmutter 2006). En todos estos casos se encontró una mayor representación de Parmeliaceae y Physciaceae, debido a la preferencia de climas templados y chaparrales. Otras familias conocidas en el país

por su alto número de especies (Herrera-Campos et al. 2014), encontradas con pocos representantes en el estudio fueron Teloschitaceae, Lecanoraceae y Verrucariaceae, un aspecto importante es que se caracterizan por presentar un talo pequeño y costroso, y se encuentran comúnmente en las rocas y suelo en la mayoría de ecosistemas montañosos y matorrales xerofitos; sin embargo, son obviados en los muestreos donde la vegetación es prominente (Leavitt et al. 2021). Es importante destacar la presencia de familias reportadas con poca representación en México como Megasporaceae, Peltigeraceae, Umbilicariaceae y Acarosporaceae (Herrera-Campos et al. 2014), ya que se registran al menos con una especie.

Los nuevos registros en Chihuahua corresponden a *Acarospora contigua* (Acarosporaceae), previamente citada en Sonora, Baja California Sur y Nuevo León (Herrera-Campos et al. 2020); *Hypotrachyna boque-tensis* (Parmeliaceae) reportada en Durango (Nash III et al. 2016); *H. livida* en Nuevo León, Michoacán (Nash III et al. 2016) y Jalisco (Herrera-Campos et al. 2020); *Parmelina tiliacea* en San Luis Potosí (Herrera-Campos et al. 2020); *Parmotrema cristiferum* en Baja California Sur, Sonora, Guanajuato, Durango, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Guerrero, Morelos, Chiapas (Herrera-Campos et al. 2020), Veracruz (Pérez-Pérez et al. 2015) y Oaxaca (León-González y Pérez-Pérez, 2020); *Pseudevernia cladonia* en Oaxaca (Herrera-Campos et al. 2020); *Punctelia borreri* en Sonora, Nuevo León, Jalisco, Michoacán, Morelos y Veracruz (Herrera-Campos et al. 2020); *P. stictica* para la Ciudad de México, Hidalgo y Tlaxcala (Herrera-Campos et al. 2020); *Peltigera polydactylon* en Sinaloa, Nuevo León, Estado de México, Veracruz y Chiapas (Herrera-Campos et al. 2020). Con respecto a la familia Megasporaceae: *Circinaria contorta* se ha reportado en Baja California Sur (Herrera-Campos et al. 2020) y Aguascalientes (Miguel-Vázquez et al. 2021). Finalmente, para la familia Teloschistaceae: *Gyalolechia flavourubescens* se ha registrado en Baja California, Baja California Sur y Jalisco (Herrera-Campos et al. 2020). Estos nuevos registros destacan la importancia de los estudios taxonómicos para documentar la flora líquénica de México como lo mencionan Cortés-Hernández et al. (2012) con 15 nuevos registros para Hidalgo, Gregorio-Cipriano et al. (2016) con 39 para Michoacán y León-González y Pérez-Pérez (2020) con 59 para Oaxaca. Estos resultados representan

una contribución importante a la diversidad de hongos liquenizados del Noroeste de México.

El tipo de talo se relaciona con los requerimientos ecológicos y fisiológicos de estos organismos (Marini et al. 2011, Benítez et al. 2012). Las especies fruticosas como *Usnea intermedia* (Brodo et al. 2001, Nash III et al. 2007) y foliosas con lóbulos estrechos como especies de los géneros *Flavopunctelia*, *Hypotrachyna* y *Pseudevernia* son más abundantes en bosques abiertos o perturbados (Giordani et al. 2012, Koch et al. 2013, Li et al. 2013), las cuales se observaron principalmente en los bosques del municipio de Bocoyna, el cual se caracteriza por comunidades de *Pinus arizonica* con sustitución de matorrales formados generalmente por *Quercus depressipes* y *Arctostaphylos pungens*, que además de tener impacto en la disminución de la cobertura y biomasa, está fuertemente impactado por actividades agroforestales (Quiñonez-Martínez et al. 2008). Por otra parte, *Leptogium arsenei*, *L. chlorome-lum* y *L. rugosum* que poseen cianobacterias son más abundantes en bosques primarios o no perturbados (Rosabal et al. 2010, Benítez et al. 2012, Aragón et al. 2013, Li et al. 2013), entre los cuales destacan algunos bosques de pino y pino-encino en Bocoyna, Ocampo y Urique, así como los chaparrales en Madera.

La importancia de ubicar zonas con riqueza de líquenes reside en la relación entre las condiciones ecológicas específicas de la zona y los cambios estructurales del bosque producidos por la perturbación natural y humana (Benítez et al. 2018). Los líquenes saxícolas como las especies de *Punctelia* y *Caloplaca* pueden mostrar una relación con los ácidos del suelo, rocas e incluso parámetros climáticos, sugiriendo pueden estar involucrados en funciones como la acumulación de metales y la tolerancia al estrés (Paukov et al. 2019). Otras especies como *Flavopunctelia praesignis* e *Hypotrachyna brevirhiza* se han empleado como indicadores para monitorear la emisión de elementos volátiles y calidad del aire (Calvelo et al. 2009, Bubach et al. 2012). Las especies de *Cladonia* están bien adaptadas a altos grados de contaminación, jugando un papel fundamental en la restauración natural de hábitats fuertemente afectados (Osyczka y Rola 2013, Osyczka et al. 2016). Lo anterior promovería el uso de especies de líquenes como bioindicadores complementarios en muchos de los ecosistemas de la Sierra Tarahumara en Chihuahua, principalmente en municipios con explotación maderera como Bocoyna, influencia turística (Arareco, Creel,

Guachochi, Urique), así como en monitoreo y manejo de áreas naturales protegidas (Arareco, Basaseachi, Cusarare y El Divisadero).

CONCLUSIONES

Las localidades muestreadas de la Sierra Tarahumara poseen las condiciones favorables para el desarrollo de los líquenes. Desde 2009 hasta 2020 se registraron 67 especies de líquenes con 11 nuevos reportes para Chihuahua. La familia Parmeliaceae presentó la mayor diversidad de especies. Se determinó en mayor proporción taxones con talo folioso. La importancia de los inventarios taxonómicos de estas especies destaca en su aplicación ecológica, debido a que pueden utilizarse como indicadores de contaminación del aire y suelo, calidad y disturbio de hábitats y en la evaluación y monitoreo de los cambios estructurales del bosque.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CONACYT por otorgar la beca 1008017 a Rocio Alejandra Zuñiga González para llevar a cabo sus estudios de maestría.

LITERATURA CITADA

- ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente). 2001. Índice di Biodiversità Lichenica: Manuale. ANPA, Roma.
- Aragón G, Belinchón R, Martínez I, Prieto M. 2013. Estimating epiphytic lichen richness by single families in Mediterranean forests. *Forest Ecology and Management* 310, 187-193. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.012>
- Barreno-Rodríguez E, Pérez-Ortega S. 2003. Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos. KRK Ediciones, Asturias.
- Benítez A, Aragón G, González Y, Prieto M. 2018. Functional traits of epiphytic lichens in response to forest disturbance and as predictors of total richness and diversity. *Ecological Indicators* 86, 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.021>
- Benítez A, Prieto M, González Y, Aragón G. 2012. Effects of tropical montane forest disturbance on epiphytic macrolichens. *Science of the Total Environment* 441, 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.09.072>
- Boonpeng C, Polyam W, Sriviboon C, Sangiamdee D, Wathana S, Nimis PL, Boonpragob K. 2017. Airborne trace elements near a petrochemical industrial complex in Thailand assessed by the lichen *Parmotrema tinctorum* (Despr. ex Nyl.) Hale. *Environmental Science and Pollution Research* 8(1), 101-113. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8893-9>
- Brodo IM, Durán-Sharnoff S, Sharnoff S. 2001. *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven.
- Brodo IM, Haldeman M, Maliček J. 2019. Notes on species of the *Lecanora albella* group (Lecanoraceae) from North Ameri-

- ca and Europe. *The Bryologist* 122(3), 430-450. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-122.3.430>
- Bubach D, Pérez-Catán S, Arribére M, Ribeiro-Guevara S. 2012. Bioindication of volatile elements emission by the Puyehue–Cordón Caulle (North Patagonia) volcanic event in 2011. *Chemosphere* 88(5), 584-590.
- Calvelo S, Baccalá N, Liberatore S. 2009. Lichens as bioindicators of air quality in distant areas in Patagonia (Argentina). *Environmental Bioindicators* 4(2), 123-135.
- Castillo-Monroy AP, Benítez Á. 2015. Patrones de abundancia y riqueza de componentes de la costra biológica del suelo en un matorral seco del sur de Ecuador. *Avances en Ciencias e Ingenierías* 7(1), 88-97. <https://doi.org/10.18272/aci.v7i1.228>
- Castillo-Monroy AP, Maestre FT. 2011. La costra biológica del suelo: Avances recientes en el conocimiento de su estructura y función ecológica. *Revista Chilena de Historia Natural* 84(1), 1-21. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000100001>
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2013. Biodiversidad Mexicana. México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosquetemplado.html> (acceso 13 Julio 2021).
- Cortés-Hernández VC, Peralta MG, Soberano CH, Contreras MR. 2012. Los líquenes del acueducto de San José Atlán, Municipio de Huichapan, Hidalgo, México. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias* 14(1), 13-17.
- Galloway DJ. 2008. Lichen biogeography. In: Nash III TH (ed.) *Lichen Biology*. Cambridge University Press, United Kingdom. 315-335.
- Giordani P, Brunialti G, Bacaro G, Nascimbene J. 2012. Functional traits of epiphytic lichens as potential indicators of environmental conditions in forest ecosystems. *Ecological Indicators* 18, 413-420. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.12.006>
- Gregorio-Cipriano M, Gómez-Peralta M, Álvarez I. 2016. Líquenes cortícolas de las áreas urbanas y suburbanas de Morelia, Michoacán, México. *Botanica Complutensis* 40, 9-21.
- Gómez-Peralta M, Gómez-Reyes VM. 2005. Hongos y Líquenes. In: Villaseñor LE (ed.) *La biodiversidad en Michoacán, estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 64-67.
- González-Elizondo MS, González-Elizondo M, Tena-Flores JA, Ruacho-González L, López-Enríquez IL. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botanica Mexicana* 100, 351-403.
- Hale ME. 1975. A Revision of the lichen genus *Hypotrachyna* (Parmeliaceae) in tropical America. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Hale ME. 1976. A monograph of the lichen genus *Parmelia* Hale (Parmeliaceae). *Smithsonian Contribution to Botany* 33, 1-60.
- Hale ME. 1980. Taxonomy and distribution of the *Parmelia flaventior* group (Lichens: Parmeliaceae). *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 47, 75-84.
- Hale ME. 1984. *Flavopunctelia* a new genus in the Parmeliaceae (Ascomycotina). *Mycotaxon* 20(2), 681-682.
- Hawksworth DL, Lücking R. 2017. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiology Spectrum* 5(4), 1-17. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016>
- Herrera-Campos MA, Clerc P, Nash III TH. 1998. Pedulous species of *Usnea* from the temperate forests in Mexico. *The Bryologist* 101(2), 303-329.
- Herrera-Campos MA, Lücking R, Pérez RE, Miranda-González R, Sánchez N, Barcenas-Peña A, Carriozosa A, Zambrano A, Ryan BD, Nash III TH. 2014. Biodiversidad de líquenes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85, 82-99. <https://doi.org/10.7550/rmb.37003>
- Herrera-Campos MA, Pérez-Pérez RE, Ramírez-Gómez MF, Nash III TH, Ryan BF, Bungartz F. 2020. Checklist of lichens and Lichenicolous fungi of Mexico. Jointly published online through the Consortium of North American Lichen Herbaria and the Consorcio de Herbarios de Líquenes en América Latina. <https://lichenportal.org/cnalh/checklists/checklist.php?clid=1288&pid=519> (acceso 13 Julio 2021).
- INAFED y SEGOB. 2010. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Chihuahua. <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM08chihuahua/index.html> (acceso 13 Julio 2021).
- Jayalal U, Divakar PK, Joshi S, Oh SO, Koh YJ, Hur JS. 2013. The lichen genus *Parmotrema* in South Korea. *Mycobiology* 41(1), 25-36. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2013.41.1.25>
- Jayalal U, Jang SH, Yu NH, Oh SO, Hur JS. 2014. Notes on the lichen genus *Leptogium* (Collembataceae, Ascomycota) in South Korea. *Mycobiology* 42(2), 120-131. <https://doi.org/10.5941%2FMYCO.2014.42.2.120>
- Junji-Kitaura M. 2012. Estudio Taxonomico de *Leptogium* (Ach.) S.F. Gray (Collembataceae, Fungos Liquenizados). Universidade Estadual Paulista Campus Botucatu, Botucatu.
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. 2008. *Dictionary of the Fungi*. 10th ed. CABI, Oxford.
- Koch NM, De Azevedo SM, Lucheta F, Müller SC. 2013. Functional diversity and traits assembly patterns of lichens as indicators of successional stages in a tropical rainforest. *Ecological Indicators* 34, 22-30. <https://doi.org/10.3390%2Fmicroorganisms9040766>
- Kosanić M, Ranković B. 2019. Lichen secondary metabolites as potential antibiotic agents. In: Ranković B (ed.) *Lichen secondary metabolites*. Springer, Cham. 99-127. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13374-4_3
- Leavitt SD, Esslinger TL, Divakar PK, Crespo A, Lumbsch HT. 2016. Hidden diversity before our eyes: delimiting and describing cryptic lichen-forming fungal species in camouflage lichens (Parmeliaceae, Ascomycota). *Fungal Biology* 120 (11), 1374-1391. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2016.06.001>
- Leavitt SD, Hollinger J, Summerhays S, Munger I, Allen J, Smith B. 2021. Alpine lichen diversity in an isolated sky island in the Colorado Plateau, USA-Insight from an integrative biodiversity inventory. *Ecology and Evolution* 11(16), 11090-11101. <https://doi.org/10.1002/ece3.7896>
- Lebgue-Keleng T, Soto-Cruz R, Quintana-Martínez G, Quiñonez-Martínez M, Viramontes-Olivas Ó. 2014. Bosques templados o bosques de coníferas. In: CONABIO (ed.) *La biodiversidad en Chihuahua: estudio de estado*. CONABIO, México, D.F. 410-415.
- León-González D, Pérez-Pérez RE. 2020. Líquenes epífitos en *Juniperus flaccida* Schltdl. (Cupressaceae) componente importante de los bosques templados de Oaxaca, México. *Acta Biológica*

- ca Colombiana 25(2), 235-245. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n2.77238>
- Li S, Liu WY, Li DW. 2013. Bole epiphytic lichens as potential indicators of environmental change in subtropical forest ecosystems in southwest China. *Ecological Indicators* 29, 93-104.
- Marini L, Nascimbene J, Nimis PL. 2011. Large-scale patterns of epiphytic lichen species richness: photobiont-dependent response to climate and forest structure. *Science of the Total Environment* 409(20), 4381-4386. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.07.010>
- McCune B. 2000. Lichen communities as indicators of forest health. *The Bryologist* 103(2), 353-356.
- Meyer SL. 1985. The new lichen genus *Imshaugia* (Ascomycotina, Parmeliaceae). *Mycologia* 77(2), 336-338.
- Miguel-Vázquez MI, Simijaca D, Pérez-Pérez RE, Ocampo G. 2021. Lichenized fungi of the arid zones of central Mexico: new records for the country and the state of Aguascalientes. *Sydowia* 74, 15-31. <https://doi.org/10.12905/0380.sydowia74-2021-0015>
- Nash III TH, Pérez-Pérez RE, Sipman H. 2016. *Hypotrachina*. In: Herrera-Campos, MA, Pérez-Pérez RE, Nash III TH (eds.). *Bibliotheca Lichenologica 110: Lichen of Mexico, the Parmeliaceae-keys, distribution, and specimen descriptions*. J. Cramer, Stuttgart. 155-256.
- Nash III TH, Ryan B, Gries C, Bungartz F, Diederich P. 2002. Lichen Flora of the greater sonoran desert region (Vol. 1). Arizona State University, Tempe.
- Nash III TH, Ryan BD, Diederich P, Gries C, Bungartz F. 2007. Lichen Flora of the greater sonoran desert region (Vol. 3). Arizona State University Lichen Herbarium, Tempe.
- Nash III TH. 2008. *Lichen Biology*. Cambridge University Press, New York.
- Osyczka P, Rola K. 2013. *Cladonia* lichens as the most effective and essential pioneers in strongly contaminated slag dumps. *Open Life Sciences* 8(9), 876-887.
- Osyczka P, Rola K, Jankowska K. 2016. Vertical concentration gradients of heavy metals in *Cladonia* lichens across different parts of thalli. *Ecological Indicators* 61(2), 766-766.
- Park JS, Oh SO, Woo JJ, Liu D, Park SY, Hur JS. 2019. First report of the lichen *Ochrolechia akagiensis* (Ochrolechiaceae, Ascomycota) in Korea. *The Korean Journal of Mycology* 47(2), 95-104.
- Paukov A, Teptina A, Morozova M, Kruglova E, Favero-Longo SE, Cora O, Rajakaruna N. 2019. The effects of edaphic and climatic factors on secondary lichen chemistry: A case study using saxicolous lichens. *Diversity* 11(6), 94. <https://doi.org/10.3390/d11060094>
- Pérez-Pérez RE, Castillo-Campos G, da Silva-Cáceres ME. 2015. Diversity of corticolous lichens in cloud forest remnants in La Cortadura, Coatepec, Veracruz, Mexico in relation to phorophytes and habitat fragmentation. *Cryptogamie Mycologie* 36(1), 79-92. <https://doi.org/10.7872/crym.v36.iss1.2015.79>
- Perlmutter GB. 2006. Lichen inventory of the North Carolina Piedmont. *Castanea* 71(4), 282-294.
- Quiñónez-Martínez M, Lebgue-Keleng T, Corral-Díaz R, Lavín-Murcio PA, De la Mora-Covarrubias AI, Sosa-Cerecedo M. 2008. Diversity of vegetation in four forestry communities with disturbance grade in the Bocoyna municipality, Chihuahua. *Ciencia en la Frontera: Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez* 6, 141-147.
- Randlane T, Tõrra T, Saag A, Saag L. 2009. Key to European *Usnea* species. *Bibliotheca Lichenologica* 100, 419-462.
- Rosabal D, Burgaz AR, De la Masa R. 2010. Diversity and distribution of epiphytic macrolichens on tree trunks in two slopes of the montane rainforest of Gran Piedra, Santiago de Cuba. *Bryologist* 113, 313-321. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-113.2.313>
- Sánchez-Jácome MR, Guzmán-Dávalos L. 2011. Hongos citados para Jalisco II. *Ibugana* 16, 25-60.
- Scheidegger C. 1993. A revision of European saxicolous species of the genus *Buellia* de not, and formerly included genera. *Lichenologist* 25(4), 315-364.
- Seaward MRD. 2008. Environmental role of lichens. In: Nash III TH (ed.) *Lichen Biology*. 2nd Ed. Cambridge University Press, New York, 274-298.
- Shepherd U, Brantley S, Tarleton C. 2002. Species richness and abundance patterns of microarthropods on cryptobiotic crusts in a piñon-juniper habitat: a call for greater knowledge. *Journal of Arid Environments* 52, 349-360. <https://doi.org/10.1006/jare.2002.1003>
- Sierk HA. 1964. The genus *Leptogium* in North America north of Mexico. *The Bryologist* 67(3), 245-317.
- Søchting U, Lorentsen LB, Arup U. 2008. The lichen genus *Caloplaca* (Ascomycota, Lecanoromycetes) on Svalbard. *Notes and additions. Nova Hedwigia* 87(1-2), 69-96. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2008/0087-0069>
- Søhrabi M, Jamshidikia M. 2007. Two species of *Flavopunctelia* new to the lichenized mycota of Iran. *The Iranian Journal of Botany* 13(1), 4-5.