

RIQUEZA Y COMPOSICIÓN DE LÍQUENES DE LOS PUEBLOS MÁGICOS DE CUETZALAN Y TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA, MÉXICO

LICHEN RICHNESS AND COMPOSITION OF THE MAGICAL TOWNS OF CUETZALAN AND TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA, MEXICO

Pérez-Pérez, Rosa Emilia; Romina Silva-Espejo; Dulce María Figueroa-Castro y Carlos Castañeda-Posadas

RIQUEZA Y COMPOSICIÓN DE LÍQUENES DE LOS PUEBLOS MÁGICOS DE CUETZALAN Y TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA, MÉXICO

LICHEN RICHNESS AND COMPOSITION OF THE MAGICAL TOWNS OF CUETZALAN AND TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA, MEXICO



Riqueza y composición de líquenes de los pueblos mágicos de Cuetzalan y Tlatlauquitepec, Puebla, México

Lichen richness and composition of the magical towns of Cuetzalan and Tlatlauquitepec, Puebla, Mexico

Rosa Emilia Pérez-Pérez

Autor de correspondencia: emilia.perez@correo.buap.mx
<https://orcid.org/0000-0001-5874-2849>

Romina Silva-Espejo <https://orcid.org/0009-0005-1394-8858>
 Laboratorio de Liquenología, Facultad de Ciencias Biológicas,
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México

Dulce María Figueroa-Castro <https://orcid.org/0000-0003-3611-191X>
 Laboratorio de Interacciones Ecológicas, Facultad de Ciencias Biológicas,
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México

Carlos Castañeda-Posadas <https://orcid.org/0000-0002-3002-2249>
 Laboratorio de Paleobiología, Herbario y Jardín Botánico Universitario,
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México

Rosa Emilia Pérez-Pérez;
 Romina Silva-Espejo; Dulce
 María Figueroa-Castro y
 Carlos Castañeda-Posadas

RIQUEZA Y COMPOSICIÓN
 DE LÍQUENES DE LOS
 PUEBLOS MÁGICOS DE
 CUETZALAN Y
 TLATLAUQUITEPEC,
 PUEBLA, MÉXICO

LICHEN RICHNESS AND
 COMPOSITION OF THE
 MAGICAL TOWNS OF
 CUETZALAN AND
 TLATLAUQUITEPEC,
 PUEBLA, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 58: 31-47, Julio 2024

DOI:
 10.18387/polibotanica.58.3

RESUMEN: Más allá de la riqueza cultural e histórica que identifica a Cuetzalan y Tlatlauquitepec, está la diversidad biológica que alberga. El tipo de vegetación dominante es el bosque mesófilo de montaña, el cual se encuentra en riesgo de desaparecer debido a la transformación a tierras de cultivo, plantíos de café y al turismo, lo que provoca la extirpación de las especies que ahí habitan, tales como helechos, licopodios y líquenes. El objetivo de este estudio fue documentar la riqueza líquénica del bosque mesófilo de montaña para lo cual se hicieron recorridos de campo y una recolecta oportunista no cuantitativa. Se identificaron 110 especies de líquenes en 52 géneros. La mayoría de las especies fueron líquenes costrosos (38%) y líquenes foliosos (51% líquenes). El género *Parmotrema* fue mesodiverso con 23 especies, mientras que 33 géneros fueron monoespecíficos al presentar cada uno de ellos una sola especie, tal es el caso de *Bacidia*, *Baeomyces*, *Bulbothrix*, *Dermatocarpon*, y *Teloschistes*. Se reporta a *Allographa chlorocarpa*, *A. rufopallida*, *Leucodermia guzmaniana* y a *Pyxine pyxinoides* como nuevos registros para el estado de Puebla. A pesar de los resultados obtenidos, aún falta mucho por hacer para completar el inventario de los líquenes. Es necesario diseñar estrategias efectivas en las que se incluya en las áreas prioritarias para la conservación a los líquenes, ya que son un componente importante de los ecosistemas.

Palabras clave: Formas de crecimiento, mesodiverso, monoespecífico, riqueza, conservación.

ABSTRACT: Beyond the cultural and historical richness that identifies Cuetzalan and Tlatlauquitepec, there is the biological diversity it houses. The dominant type of vegetation is the cloud forest, which is at risk of disappearing due to the transformation to land cultivation, coffee plantations, and tourism, causing the extirpation of the species that live there, such as ferns, lycopods, and lichens. This study aimed to document the lichen richness species of cloud forest; we conducted field trips and opportunistic non-quantitative recollections. We identified 110 lichen species in 52 genera. Most of the species were crustose lichens (38%) and foliose lichens (51%). The genus *Parmotrema* was mesodiverse with 23 species, while 33 genera were monospecific in presenting only one species each, such as *Bacidia*, *Baeomyces*, *Bulbothrix*, *Dermatocarpon*, and *Teloschistes*. We report to *Allographa chlorocarpa*, *A. rufopallida*, *Leucodermia guzmaniana*, and *Pyxine pyxinoides* that had not previously been recorded in the Puebla state. Instead of the results obtained, there is still much work to inventory the lichen thoroughly. It is necessary to design effective strategies in which lichens are included in priority areas for conservation since they are an important component of ecosystems.

Key words: Growth forms, mesodiverse, monospecific, richness, conservation.

INTRODUCCIÓN

El Programa “Pueblos Mágicos” fue implementado por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Turismo, tiene como propósito la valorización de las riquezas tangibles e intangibles de los pueblos mexicanos e impulsar el desarrollo económico en el sector turístico del país, fortalecer y elevar la calidad de vida de sus habitantes al mismo tiempo que optimizan el aprovechamiento racional de los recursos y atractivos naturales y culturales (Diario Oficial de la Federación (DOF), 2020; García Castro *et al.*, 2016; Pérez Towns, 2018). Aún cuando poseen esta categoría, se tiene el riesgo de que los recursos naturales se vean como una mercancía que puede ser sometida a procesos de privatización y sobreexplotación (Massieu Trigo, 2017; Rojas García & Fernández Lomelín, 2020), a pesar del esfuerzo que hacen los pobladores de estos pueblos ancestrales por llevar a cabo el aprovechamiento de la flora y fauna de manera respetuosa con la naturaleza (Massieu Trigo, 2017).

Los municipios de Cuetzalan y Tlatlauquitepec, llamados “pueblos mágicos”, pertenecen a la Región II Teziutlán, en la Sierra Nororiental del Estado de Puebla, presenta una orografía accidentada y abundante agua, es considerada como región prioritaria para la conservación debido a la existencia de bosques mesófilos de montaña (BMM) y de selva alta perennifolia (CONABIO, 2011). En estos municipios domina el BMM, el cual es considerado como el ecosistema que alberga la mayor diversidad biológica y el que posee un alto grado de endemismos (Challenger & Soberón, 2008; Rzedowski, 1996). A nivel mundial, se estima que la mayor abundancia y diversidad de especies se encuentra en los bosques mesófilos de montaña, los cuales están en riesgo de desaparecer (UNESCO, 2000). En México, este ecosistema se encuentra en forma de relictos en algunas cañadas, y se considera que ocupa menos del 1% del territorio nacional (Rosas Rangel *et al.*, 2019). En general, estos bosques presentan un alto nivel de amenaza debido a la alta densidad poblacional, lo cual provoca una gran demanda de recursos maderables y no maderables, así como la transformación a tierras agrícolas y ganaderas (CONABIO, 2010), provocando consecuencias irreversibles (UNESCO, 2000) y poniendo en riesgo a las especies que alberga, entre las que destacan las epífitas tales como bromelias, orquídeas, musgos y líquenes; todos estos organismos son parte sustancial de los bosques (p. ej. los líquenes contribuyen de manera importante en la fijación de nitrógeno) (Markham & Fernández Otárola, 2021).

Los líquenes, son la asociación simbiótica resultado de las interacciones entre hongos (micobionte primario y secundario), algas y/o cianobacterias (fotobiontes primario y secundario), y elementos de un microbioma bacteriano específico asociado con el talo liquénico (Lücking *et al.*, 2021; Spribille *et al.*, 2016). Los líquenes exhiben diferentes formas de crecimiento, siendo éstas: líquenes costrosos (microlíquenes), foliosos (incluidos gelatinosos y umbilicados), fruticosos y líquenes compuestos (todos ellos llamados macrolíquenes) (Nash III, 2008). Los líquenes son componentes indispensables de los ecosistemas (Dyer & Letourneau, 2007), se estima que pueden cubrir hasta el 8% de los ecosistemas terrestres (Purvis, 2000), son pioneros en sistemas rocosos desprovistos de vegetación, promueven la formación de suelo, incrementan la disponibilidad de nitrógeno en el sustrato y acumulan varios elementos esenciales tales como: potasio (K), fósforo (P) y azufre (S) (Hawksworth *et al.*, 2005); asimismo, influyen en el establecimiento de las plantas vasculares (Root & Dodson, 2016). Son una fuente de alimento para algunos vertebrados y son utilizados como camuflaje por algunos invertebrados y vertebrados (p. ej. mariposas, mamíferos y reptiles) (Allgaier, 2007; Soofi *et al.*, 2022). Algunas aves utilizan a los líquenes fruticosos (p. ej. *Ramalina celastri*) para construir sus nidos (Ibañez *et al.*, 2018), otras aves como los colibríes utilizan a algunos líquenes foliosos tales como *Parmotrema* e *Hypotrachyna* (Mercado-Díaz *et al.*, 2015) para “adornar” el exterior de sus nidos (Graves & Dal Forno, 2018).

No obstante a la importancia de los líquenes, la fragmentación y transformación de los ecosistemas, los pone en riesgo de desaparecer, esto debido a que se modifica la heterogeneidad estructural de su hábitat (p. ej. cambios microclimáticos, cambios en la estructura y cobertura de los bosques, baja disponibilidad de sustrato) (Cordova & Del Castillo, 2001; Löhmus *et al.*, 2023); y dada la susceptibilidad que tienen los líquenes a estos cambios, es importante tratar de estimar cuál es la riqueza de especies en los diferentes sitios, regiones o ecosistemas (Bergamini *et al.*, 2005, 2007; Lücking *et al.*, 2009).

La riqueza de especies estimada para la parte tropical de México es de aproximadamente 3600 especies (Lücking *et al.*, 2009); para el estado de Puebla, se tienen registradas 361, las cuales

exhiben diferentes tipos de crecimiento (Herrera-Campos *et al.*, 2014). Rivera-Aguilar *et al.* (2006) reportaron ocho especies de líquenes saxícolas para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla. Sánchez Girón (2019), en un estudio llevado a cabo en un remanente de bosque de *Quercus* en la comunidad de San Pedro Atlixco, San Juan Tianguismanalco, Puebla; reporta 10 órdenes, 16 familias, 26 géneros y 85 especies de líquenes. Águila Rodríguez (2017), estudió la composición de la comunidad liquénica en dos remanentes de bosque mesófilo de montaña con diferente grado de conservación en la sierra nororiental de Puebla; a pesar de que el BMM se encontró muy deteriorado, la comunidad liquénica estuvo compuesta por 124 especies distribuidas en 7 órdenes 13 familias y 26 géneros. Para el municipio de Tlatlauquitepec, se han reportado 40 especies de líquenes foliícolas de la presa La Soledad (Herrera-Campos *et al.*, 2004; Lücking, 2008).

En otros estudios llevados a cabo en remanentes de bosque mesófilo de montaña en el estado de Veracruz, en donde cerca del 90% de estos bosques han desaparecido (Williams-Linera *et al.*, 2002), se ha documentado una riqueza de poco más de 300 especies de líquenes como resultado tanto de estudios ecológicos (Castillo-Campos *et al.*, 2019; Córdova-Chávez *et al.*, 2016; Pérez-Pérez *et al.*, 2015) como florísticos (Pérez-Pérez & Guzmán, 2015). Los líquenes reportados exhiben diferentes formas de crecimiento, tales como costrosos, foliosos, fruticosos y compuestos, en los que se incluyen además especies nuevas para la ciencia, tales como *Astrothelium coccineum* Córdova-Chávez, Aptroot & M. Cáceres, *Micarea viridicapitata* Córdova-Chávez, Aptroot & R.-E. Pérez, *Protoparmelia microspora* Córdova-Chávez, Aptroot & M. Cáceres (Córdova-Chávez *et al.*, 2014), *Cora lawreyana* Moncada, R.-E. Pérez & Lücking y *C. totonacorum* Moncada, R.-E. Pérez & Lücking (Moncada *et al.*, 2019).

En los municipios de Cuetzalan y Tlatlauquitepec se han hecho esfuerzos por recuperar y preservar no solo a la flora características del bosque mesófilo de montaña, tales como las orquídeas, licofitas y helechos (Cerón-Carpio, 2011; Cerón-Carpio *et al.*, 2006; CONABIO, 2011; Mendoza-Ruiz & Ceja-Romero, 2020), sino también a otras especies endémicas como los anfibios (Villaseñor-Amador *et al.*, 2022). Sin duda, otro elemento importante de estos bosque que vale la pena conservar, sobre todo por la importancia ecológica que tienen, son los líquenes; ya que si se toman en cuenta por un lado las características climáticas del BMM, y por el otro a que los líquenes son capaces de absorber vapor de agua de la niebla (Smith, 1995), es probable que sea hábitat de una gran riqueza liquénica, en la que sobresalgan los líquenes foliosos y fruticosos debido a que tienen mayor área para capturar y absorber la humedad. Considerando lo anterior es que se planteó como objetivo conocer cuáles son los géneros y/o especies que conforman a la comunidad liquénica en el bosque mesófilo de montaña de los pueblos mágicos de Cuetzalan y Tlatlauquitepec, Puebla, México.

MÉTODOS

Área de estudio

Los municipios de Cuetzalan y Tlatlauquitepec pertenecen a la Región II Teziutlán, Puebla; se localiza entre las coordenadas 19° 46' 23" y 20° 11' 55" latitud norte y 97° 09' 17" y 97° 38' 36" longitud oeste. Pertenecen a la región hidrológica Tuxpan-Nautla, tienen medias anuales de precipitación de más de 4000 mm, la temperatura media anual oscila entre los 14° C hasta los 24 °C (CONABIO, 2011).

Muestreo e identificación de líquenes

Se tuvieron siete sitios de muestreo, en cada uno de ellos se tomó un punto al azar en donde se registraron los datos de la posición geográfica; a partir de ahí se hicieron los recorridos de campo; cinco de ellos fueron en el 2013, en fragmentos de BMM del municipio de Cuetzalan, y dos más en el 2021, estos últimos pertenecieron al municipio de Tlatlauquitepec (Cerro de Necteppec y en la Presa La Soledad) (Tabla 1). En cada uno de los sitios y durante los recorridos se hicieron recolectas oportunistas no cuantitativas en todos los sustratos disponibles (Cáceres *et al.*, 2008; Sipman, 1996).

Tabla 1. Localización geográfica de los sitios de muestreo, así como la caracterización de cada uno de ellos, se indica además el municipio al cual pertenecen.

Table 1. The geographic location of the sampling sites, the characterization of each one, and the municipality to which they belong are indicated.

Sitio	Municipio	Caracterización	Posición geográfica	Altitud (msnm)
1. Jardín Botánico Xoxotic	Cuetzalan	BMM con elementos de encino	20° 02' 25,9" N 97° 30' 34" O	870
2. Grutas La Aventura	Cuetzalan	BMM con elementos de vegetación secundaria	20° 0' 15,3" N 97° 30' 34" O	1179
3. Cascada Las Golondrinas	Cuetzalan	BMM con cafetal	20° 0' 32,4" N 97° 30' 29,1" O	814
4. Cascada Las Brisas	Cuetzalan	BMM con cafetal	20° 02' 26,4" N 97° 30' 29,1" O	872
5. El Arenal	Cuetzalan	BMM con cultivos de plátano	19° 59' 59,9" N 97° 34' 56,1" O	1010
6. Cerro de Nectepac	Tlatlauquitepec	BMM perturbado con cafetal de sombra y sol	20° 00' 55,38" N 97° 26' 16,63" O	804
7. Presa La Soledad	Tlatlauquitepec	BMM perturbado	19° 57' 51,71" N 97° 26' 48,92" O	731

Las muestras de los talos liquénicos fueron previamente herborizadas; posteriormente, se separaron por formas de crecimiento para proceder a su identificación a nivel de género y/o especie utilizando claves especializadas (Brodo, 2016; Cáceres, 2007; Herrera-Campos *et al.*, 2016; Lücking, 2008; Mongkolsuk *et al.*, 2015). Para observar los caracteres anatómicos (p. ej. estructuras de reproducción) se utilizó un microscopio estereoscópico Carl Zeiss Stemi 305 y un microscopio óptico Carl Zeiss Primo Star. Se hicieron pruebas de reacciones macroquímicas en la corteza y en la médula con hidróxido de potasio al 10% (KOH), hipoclorito de sodio (NaOCl) y para-fenilenediamina (P); así mismo, cuando se requirió, los talos se observaron bajo la lámpara de luz ultravioleta de onda larga (UV 365 nm) (Brodo *et al.*, 2001). En algunos ejemplares se hizo además cromatografía en capa fina utilizando el solvente C (Tolueno-Ácido acético; 85:15, 240 ml) (Culberson & Kristinsson, 1970). Es importante mencionar que los talos muy pequeños o sin estructuras de reproducción se identificaron a nivel de género. La nomenclatura de cada especie se corroboró en la base de datos Mycobank (Robert *et al.*, 2005). Las muestras recolectadas están depositadas en el Herbario de líquenes de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (HUAPLI).

RESULTADOS

Aun cuando cada uno de los sitios de muestreo aportó en promedio 23 especies; todos ellos se consideraron parte de un mismo bosque; por consiguiente, la riqueza de la comunidad liquénica del bosque mesófilo de montaña de Cuetzalan y Tlatlauquitepec estuvo conformado por 110 especies que pertenecen a 52 géneros (Tabla 2). Destacan las especies *Allographa chlorocarpa* (Fée) Lücking & Kalb, *Allographa rufopallida* (Vain.) Lücking & Kalb, *Leucodermia guzmaniana* Guzmán-Guillermo, Díaz-Escandón & Medel y *Pyxine pyxinoides* (Müll. Arg.) Kalb por ser registros nuevos para el estado de Puebla.

Tabla 2. Lista de especies recolectadas en los diferentes sitios de muestreo de los municipios de Cuetzalan y Tlatlauquitepec; se indica su presencia en cada uno de ellos con el signo +. Se hace mención de la forma de crecimiento que exhibieron, representado por las letras C (Costroso), Cf (Costroso foliicola), Co (Compuesto), F (Folioso) y Fr (Fruticoso).

Table 2. List of species collected in the different sampling sites of the municipalities of Cuetzalan and Tlatlauquitepec; its presence is indicated in each of them with the + sign. The growth form they exhibited is mentioned, represented by the letters C (Crustose), Cf (Foliicolous Crustose), Co (Compose), F (Foliose), and Fr (Fruticose).

Especie	Forma de crecimiento	Sitio de muestreo						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Allographa chlorocarpa</i> (Fée) Lücking & Kalb	C		+					
<i>Allographa rufopallida</i> (Vain.) Lücking & Kalb	C		+					
<i>Allographa</i> sp.	C				+			
<i>Arthonia</i> sp.	Cf						+	
<i>Asterothyrium pittieri</i> Müll. Arg.	Cf							+
<i>Asterothyrium uniseptatum</i> Lücking	Cf							+
<i>Aulaxina</i> sp.	Cf						+	+
<i>Bacidia heterochroa</i> (Müll. Arg.) Zahlbr	C		+	+				
<i>Bacidina apiahica</i> (Müll. Arg.) Vězda	Cf						+	
<i>Bacidina pallidocarpa</i> (Müll. Arg.) Vězda	Cf						+	
<i>Baeomyces rufus</i> (Hudson) Rebent.	Co			+				
<i>Brasilicia brasiliensis</i> (Müll. Arg.) Lücking, Kalb & Sérus.	Cf							+
<i>Bulbothrix ventricosa</i> (Hale & Kurok) Hale	F	+						
<i>Byssoloma</i> sp.	Cf							+
<i>Calopadia subcoerulescens</i> (Zahlbr.) Vězda	Cf			+				+
<i>Caloplaca persimilis</i> Wetmore	C				+			
<i>Caloplaca stipitata</i> Wetmore	C				+			
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Stein	F	+	+			+		
<i>Chroodiscus</i> sp.	Cf						+	
<i>Cladonia</i> sp.	Co	+	+	+	+	+		
<i>Coccocarpia palmicola</i> (Spreng.) Arv. & D.J. Galloway	F			+				
<i>Coccocarpia pellita</i> (Ach.) Müll. Arg.	F			+				
<i>Coenogonium minimum</i> (Müll. Arg.) Lücking	Cf						+	
<i>Coenogonium</i> sp.	C			+	+			
<i>Crocodia aurata</i> (Ach.) Link	F	+	+	+		+		
<i>Dermatocarpon miniatum</i> (L.) W. Mann	F		+					
<i>Dirinaria picta</i> (Sw.) Clem. & Shear	F	+						
<i>Echinoplaca</i> sp.	Cf			+			+	
<i>Fellhanera bouteillei</i> (Desm.) Vězda	Cf						+	
<i>Graphis tenella</i> Ach.	C					+		
<i>Gyalectidium filicinum</i> Müll. Arg.	Cf	+		+		+		+
<i>Gyalectidium rosae-emiliae</i> Herrera-Camp. & Lücking	Cf						+	
<i>Gyalideopsis vulgaris</i> (Müll. Arg.) Lücking	Cf			+			+	+
<i>Herpothallon rubrocinctum</i> (Ehrenb.) Aptroot, Lücking & G. Thor	C	+	+	+	+	+	+	+
<i>Heterodermia</i> cf. <i>galactophylla</i> (Tuck.) W.L. Culb.	F		+					
<i>Heterodermia</i> grupo comosa	F		+		+	+		
<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevis	F	+			+			
<i>Heterodermia tremulans</i> (Müll. Arg.) W.L. Culb.	F		+			+		
<i>Heterodermia tropica</i> (Kurok.) Kurok.	F				+			
<i>Heterodermia</i> sp.	F	+						

<i>Hypotrachyna imbricatula</i> (Zahlbr.) Hale	F			+					
<i>Hypotrachyna protenta</i> Hale	F	+							
<i>Hypotrachyna pulvinata</i> (Feé) Hale	F	+							
<i>Hypotrachyna vexans</i> (Zahlbr. ex W.L. Culb. & C.F. Culb.)	F			+					
<i>Lecanora argentata</i> (Ach) Röhl	C		+						
<i>Lecanora leprosa</i> Fée	C		+						
<i>Lepra ventosa</i> (Malme) Lendemer & R.C. Harris	C				+				
<i>Leptogium arsenei</i> Sierk	F				+				
<i>Leptogium azureum</i> (Sw.) Mont.	F			+					
<i>Leptogium corticola</i> (Taylor) Tuck	F			+					
<i>Leptogium cyanescens</i> (Ach.) Korb	F				+				
<i>Leptogium furfuraceum</i> (Harm.) Sierk	F				+				
<i>Leucodermia guzmaniana</i> Guzmán-Guillermo, Díaz-Escandón & Medel	F			+					
<i>Leucodermia leucomelos</i> (L.) Kalb	F		+						
<i>Lobariella</i> sp.	F					+			
<i>Malmidea vinosa</i> (Eschw.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch	C			+					
<i>Mazosia melanophthalma</i> (Müll. Arg.) R. Sant.	Cf								+
<i>Mazosia phyllosema</i> (Nyl.) Zahlbr.	Cf								+
<i>Parmotrema austrosinense</i> (Zahlbr.) Hale	F		+						
<i>Parmotrema conformatum</i> (Vain.) Hale	F			+					
<i>Parmotrema cooperi</i> (J. Steiner & Zahlbr.) Sérus.	F	+	+	+					
<i>Parmotrema coralliforme</i> (Hale) Hale	F	+							
<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	F			+					
<i>Parmotrema cristiferum</i> (Taylor) Hale	F		+						
<i>Parmotrema latissimum</i> (Feé) Hale	F		+						
<i>Parmotrema leucosemothetum</i> (Hue) Hale	F	+	+	+					
<i>Parmotrema mellissii</i> (C.W. Dodge) Hale	F			+					
<i>Parmotrema moreliense</i> (B. de Lesd.) W. Culb. & C. Culb.	F		+						
<i>Parmotrema paulense</i> (Zahlbr.) Hale	F			+					
<i>Parmotrema peralbidum</i> (Hale) Hale	F	+		+		+			
<i>Parmotrema perforatum</i> (Wulfen) A. Massal	F		+						
<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M. Choisy	F	+							
<i>Parmotrema praesorediosum</i> (Nyl.) Hale	F	+							
<i>Parmotrema rampoddense</i> (Nyl.) Hale	F	+		+					
<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	F	+		+	+				
<i>Parmotrema robustum</i> (Degel.) Hale	F				+				
<i>Parmotrema sancti-angelii</i> (Lynge) Hale	F	+							
<i>Parmotrema stuppeum</i> (Taylor) Hale	F	+							
<i>Parmotrema subsumptum</i> (Nyl.) Hale	F	+		+					
<i>Parmotrema tinctorum</i> (Despr. ex Nyl.) Hale	F	+							
<i>Parmotrema ultralucens</i> (Krog) Hale	F			+		+			
<i>Peltigera</i> cf. <i>britannica</i> (Gyeln.) Holt.-Hartw. & Tønberg	F		+						
<i>Phaeographis lobata</i> (Eschw.) Müll. Arg.	C		+						
<i>Physcia solediosa</i> (Vain.) Lynge	F		+						
<i>Porina epiphylla</i> Fée	Cf							+	
<i>Porina kamerunensis</i> F. Schill.	Cf							+	
<i>Porina subepiphylla</i> Lücking & Vězda	Cf							+	

<i>Porina vezdae</i> Lücking	Cf	+		+				+
<i>Porina</i> sp.	Cf							+
<i>Pseudosagedia nitidula</i> Müll. Arg.	Cf						+	
<i>Puiggariella nemathora</i> (Mont.) S.H. Jiang, Lücking & J.C. Wei	Cf			+		+	+	+
<i>Punctelia bolliana</i> (Müll. Arg) Krog	F		+					
<i>Punctelia graminicola</i> (de Lesd.) Egan	F		+					
<i>Pyxine pyxinoides</i> (Müll. Arg.) Kalb	F				+			
<i>Ramalina cochlearis</i> Zahlbr.	Fr					+		
<i>Ramalina</i> sp. 1	Fr					+		
<i>Ramalina</i> sp.	Fr					+		
<i>Scytinium</i> cf. <i>rivale</i> (Tuck.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin	F			+				
<i>Scytinium palmatum</i> (Hudson) Gray	F			+				
<i>Segestria rubentior</i> (Stirt.) R.C. Harris	Cf						+	
<i>Sticta weigeli</i> (Ach.) Vain	F					+		
<i>Strigula smaragdula</i> Fr.	Cf	+					+	+
<i>Tapellaria epiphylla</i> (Müll. Arg.) R. Sant.	Cf	+						+
<i>Teloschistes chrysophthalmus</i> (L.) Th. Fr.	Fr	+	+			+		
<i>Usnea angulata</i> Ach	Fr				+			
<i>Usnea brasiliensis</i> (Zahlbr.) Motyka	Fr	+						
<i>Usnea cladocarpa</i> Fée	Fr			+				
<i>Usnea florida</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg	Fr		+					
<i>Usnea glabrescens</i> (Nyl. ex Vain.) Vain.	Fr			+				
<i>Usnea</i> sp.	Fr	+	+	+	+			
Riqueza total de especies		29	29	36	18	17	18	16

Con respecto a la composición de la comunidad liquénica, el 38% (42 especies) fueron líquenes costrosos pertenecientes a 29 géneros; de estos 20 correspondieron a líquenes foliícolas (28 especies). Los líquenes foliosos representaron el 51% con 56 especies en 18 géneros. Los líquenes fruticosos representaron el 9% con 10 especies en tres géneros; mientras que, en el grupo de los líquenes compuestos solo se encontraron dos especies en dos géneros que correspondió al 2% del total de la comunidad liquénica (Tabla 2, Figura 1). La mayoría de las especies fueron líquenes cortícolas; aunque también hubo algunos saxícolas como el género *Dermatocarpon* y, edafícolas como el género *Peltigera*. En las figuras 2 y 3, se muestran algunos ejemplos de los géneros recolectados en el BMM de los municipios de Cuetzalan y Tlatlauquitepec, Puebla, México

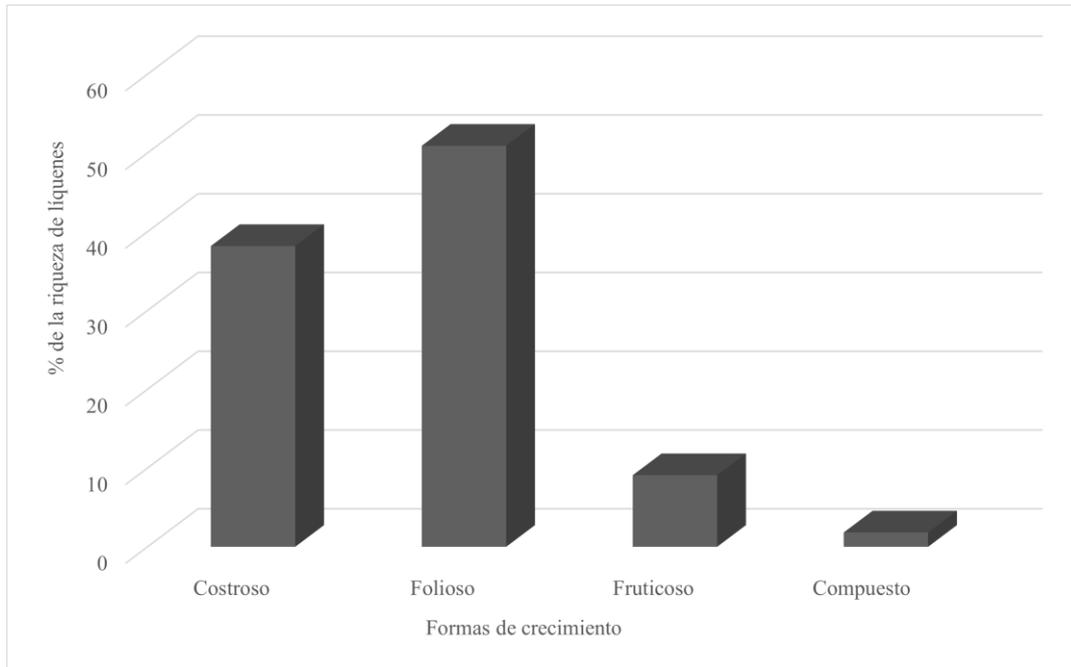


Figura 1. Porcentaje de la riqueza de líquenes por formas de crecimiento presentes en el bosque mesófilo de montaña de Cuetzalan y Tlatlauquitepec, Puebla, México.

Figure 1. Percentage of lichen richness by growth forms present in the mountain cloud forest of Cuetzalan and Tlatlauquitepec, Puebla, Mexico.

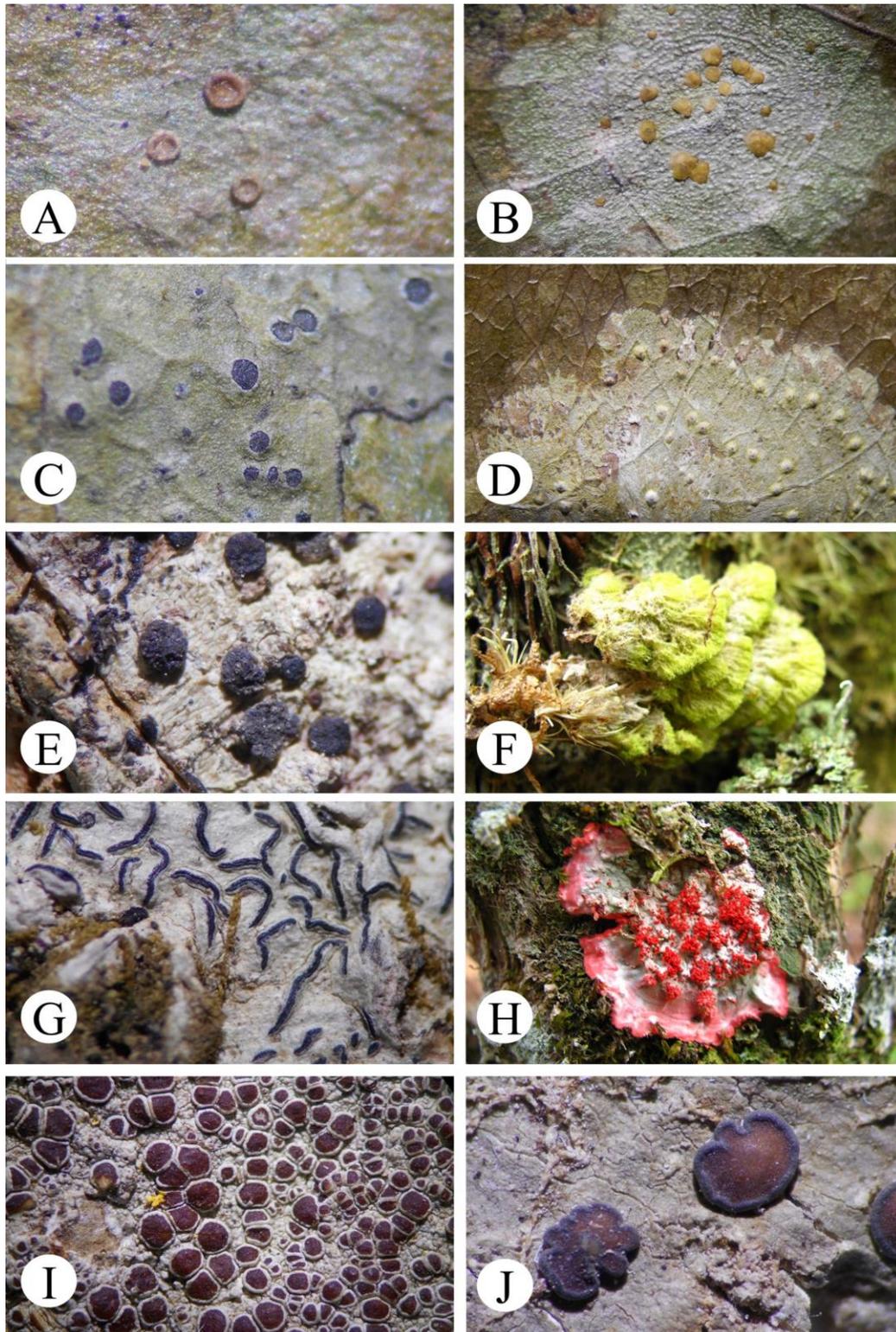


Figura 2. Algunos géneros de líquenes costrosos registrados en el BMM de Cuetzalan y Tlatlauquitepec, Puebla; de A a D corresponden a géneros de líquenes foliícolas. A) *Coenogonium* sp., B) *Gyalideopsis* sp., C) *Mazosia* sp., D) *Puiggariella* sp., E) *Bacidia* sp., F) *Coenogonium* sp., G) *Graphis* sp. H) *Herpothallon* sp., I) *Lecanora* sp., J) *Malmidea* sp. (Fotografías: R.E. Pérez-Pérez y R. Silva-Espejo).

Figure 2. Some genera of crustose lichens recorded in the BMM of Cuetzalan and Tlatlauquitepec, Puebla; A to D correspond to genera of foliicolous lichens. A) *Coenogonium* sp., B) *Gyalideopsis* sp., C) *Mazosia* sp., D) *Puiggariella* sp., E) *Bacidia* sp., F) *Coenogonium* sp., G) *Graphis* sp. H) *Herpothallon* sp., I) *Lecanora* sp., J) *Malmidea* sp. (Photographs: R.E. Pérez-Pérez and R. Silva-Espejo).

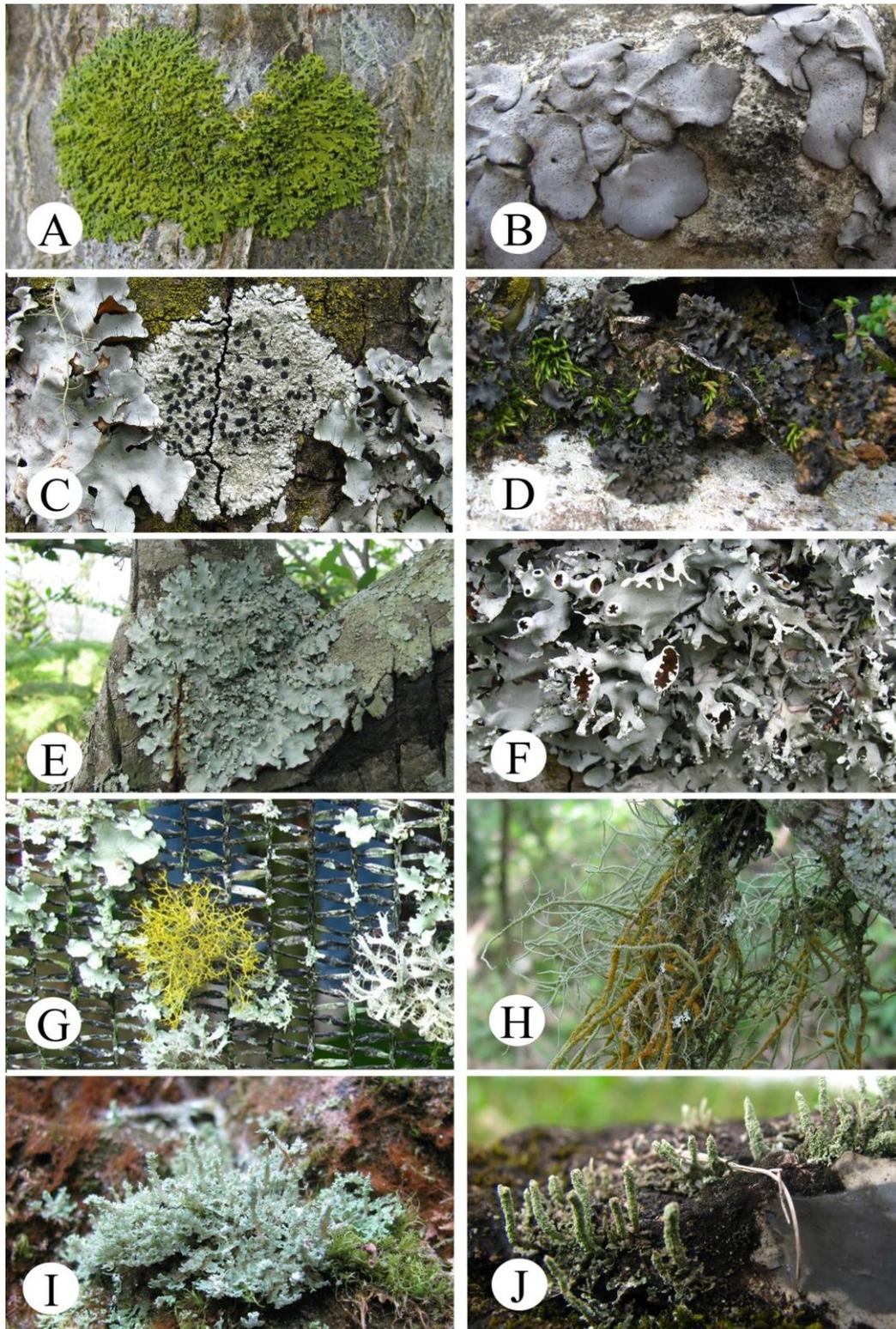


Figura 3. Algunos géneros de líquenes foliosos (A – F), fruticosos (G-H) y compuesto (I-J) registrados en el BMM de Cuetzalan y Tlatlauquitepec, Puebla; en donde A) *Candelaria* sp., B) *Dermatocarpon* sp., C) *Dirinaria* sp., D) *Leptogium* sp., E – F) *Parmotrema* sp., G) *Teloschistes* sp., H) *Usnea* sp., I – J) *Cladonia* sp. (Fotografías: R.E. Pérez-Pérez y R. Silva-Espejo).

Figure 3. Some genera of foliose (A – F), fruticose (G-H) and compose (I-J) lichens recorded in the BMM of Cuetzalan and Tlatlauquitepec, Puebla; where A) *Candelaria* sp., B) *Dermatocarpon* sp., C) *Dirinaria* sp., D) *Leptogium* sp., E – F) *Parmotrema* sp., G) *Teloschistes* sp., H) *Usnea* sp., I – J) *Cladonia* sp. (Photographs: R.E. Pérez-Pérez y R. Silva-Espejo).

Por último y siguiendo la propuesta de Lücking *et al.* (2017) para definir categorías considerando la riqueza de especies por géneros, se observó que el género *Parmotrema* fue mesodiverso al presentar 23 especies, mientras que 26 géneros resultaron monoespecíficos al presentar una sola especie (p. ej. *Brasilia*, *Calopadia*, *Crocodia*, *Pyxine*) (Tabla 2, 3).

Tabla 3. Categorías de riqueza de acuerdo al número de especies por géneros propuesta por Lücking *et al.* (2017).
Table 3. Richness categories according to the number of species by genus proposed by Lücking *et al.* (2017).

Categoría	Rango (número de especies)	Número de géneros
Monoespecífica	1	33
Biespecífica	2	11
Nanodiversa	3 a 5	5
Microdiversa	6 a 10	2
Mesodiversa	21 a 50	1

DISCUSIÓN

Los líquenes aunque no son plantas, también son muy diversos y vitales en los ecosistemas, y al igual que las plantas también están en riesgo (Yáñez-Ayabaca *et al.*, 2023), por lo que es importante documentar su riqueza y composición ya que esto a su vez, permite ampliar el conocimiento de los líquenes en los trópicos (Lücking *et al.*, 2009) pero sobre todo, en México (Miguel-Vázquez *et al.*, 2022). Lo cual se convierte en todo un reto considerando la continua fragmentación y transformación de los bosques; lo cual fue más evidente en el Cerro de Nectepac, que poco a poco ha sido transformado en un bosque mesófilo de montaña perturbado con cafetal de sombra. Para estos casos, Aragón *et al.* (2019) indican que, es necesario implementar métodos rápidos para conocer la diversidad que existen en los bosques; y uno de ellos es utilizar las formas de crecimiento que presentan los líquenes.

En este estudio, la mayor riqueza correspondió a los líquenes foliosos cortícolas. Bergamini *et al.* (2005) consideran que los macrolíquenes tales como los líquenes foliosos y fruticosos pueden ser utilizados como indicadores de la riqueza total de la comunidad liquénica, esto debido a que son más fáciles de recolectar aunque no signifique que sean los más fáciles de identificar, lo cual coincide con Hawksworth *et al.* (2005) y Lücking *et al.* (2009) quienes mencionan que los macrolíquenes cortícolas son los más recolectados debido a que producen talos conspicuos y atractivos; como muestra de ello es el género *Parmotrema*, que exhibe talos grandes y son fáciles de recolectar, además fue el único género mesodiverso (23 especies). En contraste, se reporta a *Herpothallon rubrocinctum*, que a pesar de ser un líquen costroso cortícola, llama la atención por la coloración rojo carmín de su protalo y de los pseudoisidios granulares que presenta en el centro del talo (Bungartz *et al.*, 2013), lo que lo hace muy llamativo y visible (Figura 2H), y puede ser una de las razones por las que se recolectó en todos los sitios de muestreo.

Un componente importante de la biota liquénica, son los microlíquenes, los cuales a pesar de ser la forma de crecimiento dominante en algunos ecosistemas tales como los bosques tropicales secos (Miranda-González & McCune, 2020), son poco considerados ya sea en inventarios o bien, en estudios ecológicos, debido principalmente a la poca experiencia para llevar a cabo su identificación (Bergamini *et al.*, 2007; Lücking *et al.*, 2009). Si bien en este estudio la mayor riqueza correspondió a líquenes foliosos, cuando se analiza a nivel de género, los líquenes costrosos resultaron ser más diversos al presentar 29 géneros mientras que los líquenes foliosos estuvieron representados por 18. Estos resultados demuestran lo importante que es el incluir a los microlíquenes en los diferentes estudios, ya que de acuerdo a Bergamini *et al.* (2007), si solo se estudian a los macrolíquenes y un hábitat dominado por líquenes costrosos es erradicado, será difícil detectar la extirpación de especies con formas de crecimiento costrosas que pueden incluso ser raras.

A pesar de que se tiene un gran número de géneros monoespecíficos, y muchos de ellos pertenecen a líquenes costrosos tales como *Bacidia heterochoa*, *Dirinaria picta* y *Lepra ventosa*, por mencionar algunas, no pueden ser consideradas como especies raras, ya que para ello es necesario llevar a cabo muestreos cuantitativos que permitan detectar correctamente su condición en los ecosistemas (Cáceres *et al.*, 2008).

Otros microlíquenes que suelen encontrarse en los bosques mesófilos de montaña, son los líquenes foliícolas; los cuales debido a que son fáciles de recolectar, pueden ser buenos indicadores de la biodiversidad, de la dinámica de la vegetación y de factores ambientales (Lücking, 1997). Desafortunadamente, en los primeros recorridos que se hicieron en el municipio de Cuetzalan, solo se recolectaron algunas hojas; mientras que, en los sitios de Tlatlauquitepec, se hizo una recolecta más cuidadosa (Silva-Espejo *et al.*, datos no publicados). Herrera-Campos *et al.* (2004) y (Lücking, 2008), reportaron para el bosque mesófilo de montaña de La Presa la Soledad en Tlatlauquitepec, 17 géneros de líquenes foliícolas. Con los resultados obtenidos en este estudio, se integran a la lista los géneros *Aulaxina*, *Brasilicia*, *Byssoloma*, *Chroodiscus*, *Coenogonium*, *Fellhanera*, *Pseudosagedia*, *Puiggariella* y *Segestria*. Sin embargo, para poder complementar realmente el inventario de líquenes foliícolas, es necesario ampliar el número de hojas recolectadas tal y como lo sugieren Lücking & Lücking (1996).

La riqueza de especies reportadas hasta el momento (110 especies), es una contribución al conocimiento de la flora líquénica del BBM; lo que permite inferir de que, en efecto, son sitios con una alta diversidad de especies tal y como lo mencionan estudios previos llevados a cabo en relictos de bosques mesófilos de montaña de Puebla (Águila Rodríguez, 2017) y Veracruz (Castillo-Campos *et al.*, 2019; Pérez-Pérez *et al.*, 2015). Por consiguiente, es necesario diseñar estrategias efectivas en las que se incluya en las áreas prioritarias para la conservación a los líquenes, considerando que son parte del ecosistema, de las interacciones complejas entre las condiciones climáticas y el manejo antropogénico; y sobre todo porque dependen de un sustrato para sobrevivir (Scheidegger & Werth, 2009; Yáñez-Ayabaca *et al.*, 2023).

Por lo anteriormente descrito, y a pesar de que pueda ser complicada la publicación de listados de la flora líquénica (Yáñez-Ayabaca *et al.*, 2023), es necesario continuar con este tipo de estudios, que respalden el uso de los líquenes como bioindicadores aunque no se logre la identificación total de las especies (Hawksworth *et al.*, 2005). Lo que es cierto y coincidimos totalmente, es que a pesar de que este estudio contribuye al conocimiento de la riqueza y composición de la comunidad líquénica del bosque mesófilo de montaña de los llamados pueblos mágicos de Cuetzalan y Tlatlauquitepec; es necesario, para completar el inventario de los líquenes, ampliar los sitios de muestreo y hacer una recolecta más detallada de los líquenes en donde se incluyan todas las formas de crecimiento.

CONCLUSIONES

Aunque los líquenes no sean grandes y vistosos como algunos helechos característicos de los bosques mesófilos de montaña, también son importantes en el ecosistema y también están en riesgo de extirpación debido a la transformación de los ecosistemas a plantíos de café, tierras de cultivo y por la urbanización para llevar mejoras al turismo; por lo tanto, es necesario integrarlos en los planes y proyectos de conservación. Una manera de lograrlo es dar a conocer los resultados obtenidos en este estudio, no solo a la comunidad científica, sino también a la gente local que es la que está haciendo los verdaderos esfuerzos para conservar sus bosques. Una estrategia para ello, puede ser a través de talleres en donde se muestren las diferentes formas de crecimiento que pueden presentar los líquenes; y tratar de desarrollar un trabajo colaborativo. Por otro lado, y con los resultados obtenidos en este estudio, nos damos cuenta, que aún falta mucho para lograr completar el inventario de los líquenes en este bosque, y si bien los líquenes foliosos pueden ser utilizados como indicadores de áreas prioritarias para la conservación, no se deben de dejar de lado a los líquenes costrosos, no solo por que pueden encontrarse nuevos registros como en este estudio, sino por que son más susceptibles a la transformación de los ecosistemas. Por lo tanto, es necesario darle un valor de importancia a los listados de la flora líquénica los cuales pueden ser útiles a la hora de definir estrategias de conservación.

AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado por el apoyo brindado a través de Proyectos VIEP 2021-2022, en particular por el financiamiento otorgado al proyecto con clave 100521813-VIEP2021 desarrollado por el cuerpo académico BUAP-CA-335-Biogeografía Ecológica. A Amparo Bélgica Cerón Carpio, Xitlali Sánchez Girón y Mayolo Hernández por su apoyo en el trabajo de campo. A las doctoras Herrera-Campos (IB-UNAM) por su apoyo con la cromatografía en capa fina, y a Bibiana Moncada Cárdenas por su orientación en la identificación

de algunos líquenes costrosos. A los miembros del Jardín Botánico Xoxotic por las facilidades otorgadas durante las visitas a algunos sitios de muestreo. A los revisores anónimos por sus atinadas sugerencias.

LITERATURA CITADA

- Águila Rodríguez, G. (2017). *Composición de la comunidad líquénica en dos remanentes de bosque mesófilo con diferente grado de conservación en la sierra nororiental de Puebla* [Tesis de Licenciatura]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Allgaier, C. (2007). Active camouflage with lichens in a terrestrial snail, *Napaeus* (N.) *barquini* Alonso and Ibáñez, 2006 (Gastropoda, Pulmonata, Enidae). *Zoological Science*, 24(9), 869–876. <https://doi.org/10.2108/zsj.24.869>
- Aragón, G., Martínez, I., Hurtado, P., Benítez, Á., Rodríguez, C., & Prieto, M. (2019). Using growth forms to predict epiphytic lichen abundance in a wide variety of forest types. *Diversity*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/d11040051>
- Bergamini, A., Scheidegger, C., Stofer, S., Carvalho, P., Davey, S., Dietrich, M., Dubs, F., Farkas, E., Groner, U., Kärkkäinen, K., Keller, C., Lökös, L., Lommi, S., Máguas, C., Mitchell, R., Pinho, P., Rico, V. J., Aragón, G., Truscott, A.-M., ... Watt, A. (2005). Performance of macrolichens and lichen genera as indicators of lichen species richness and composition. *Conservation Biology*, 19(4), 1051–1062. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00192.x-i1>
- Bergamini, A., Stofer, S., Bolliger, J., & Scheidegger, C. (2007). Evaluating macrolichens and environmental variables as predictors of the diversity of epiphytic microlichens. *The Lichenologist*, 39(5), 475–489. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000059026>
- Brodo, I. M. (2016). *Keys to Lichens of North America: Revised and Expanded*. New Haven and London: Yale University Press.
- Brodo, I. M., Duran Sharnoff, S., & Sharnoff, S. (2001). *Lichens of North America*. Yale University Press. <https://books.google.com.mx/books?id=YyS-hS15Ty4C>
- Bungartz, F., Dután-Patiño, V. L., & Elix, J. A. (2013). The lichen genera *Cryptothecia*, *Herpothallon* and *Helminthocarpon* (Arthoniales) in the Galapagos Islands, Ecuador. *Lichenologist*, 45(6), 739–762. <https://doi.org/10.1017/S0024282913000522>
- Cáceres, M. E. da Silva. (2007). *Corticolous crustose and microfoliose lichens of Northeastern Brazil*. IHW-Verlag.
- Cáceres, M. E. S., Lücking, R., & Rambold, G. (2008). Efficiency of sampling methods for accurate estimation of species richness of corticolous microlichens in the Atlantic rainforest of northeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 17(6), 1285–1301. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9342-3>
- Castillo-Campos, G., Pérez-Pérez, R. E., Córdova-Chávez, O., García-Franco, J. G., & Cáceres, M. E. da S. (2019). Vertical distribution of epiphytic lichens on *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. in a remnant of cloud forest in the state of Veracruz, México. *Nordic Journal of Botany*, 37(12). <https://doi.org/10.1111/njb.02459>
- Cerón-Carpio, A. B. (2011). Diversidad de especies: pteridofitas (helechos y grupos afines). En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Ed.), *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado* (pp. 127–132). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno de Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Cerón-Carpio, A. B., Arreguín-Sánchez, Ma. de la L., & Fernández-Nava, R. (2006). Listado con anotaciones de las pteridofitas del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, México, y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación. *Polibotánica*, 21, 45–60.
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad* (Vol. 1, pp. 87–108). CONABIO.
- CONABIO. (2010). *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO. (2011). *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Cordova, J., & Del Castillo, R. F. (2001). Changes in epiphyte cover in three chronosequences in a Tropical Montane Cloud Forest in Mexico. En G. Gottsberger & S. Liede (Eds.), *Life forms and dynamics in Tropical Forest, Dissertations Botanical* (pp. 79–94). J. Cramer.

- Córdova-Chávez, O., Aptroot, A., Castillo-Campos, G., Cáceres, M. E. D. S., & Pérez-Pérez, R. E. (2014). Three new lichen species from cloud forest in Veracruz, Mexico. *Cryptogamie, Mycologie*, 35(2), 157–162. <https://doi.org/10.7872/crym.v35.iss2.2014.157>
- Córdova-Chávez, O., Castillo-Campos, G., Pérez-Pérez, R. E., García-Franco, J. G., & Cáceres, M. E. da S. (2016). Alpha diversity of lichens associated with *Quercus laurina* in a mountain Cloud Forest at Cofre de Perote Eastern Slope (La Cortadura), Veracruz, Mexico. *Cryptogamie, Mycologie*, 37(2), 193–204. <https://doi.org/10.7872/crym/v37.iss2.2016.193>
- Culberson, C. F., & Kristinsson, H.-D. (1970). A standardized method for the identification of lichen products. *Journal of Chromatography*, 46, 85–93.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2020). *Acuerdo por el que se establecen los criterios generales para el Nombramiento de Pueblos Mágicos*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5588815&fecha=10/03/2020#gsc.tab=0
- Dyer, L. A., & Letourneau, D. K. (2007). Determinants of lichen diversity in a rain forest understory. *Biotropica*, 39(4), 525–529. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00300.x>
- García Castro, P. E., Gatica Barrientos, M. L., Cruz Sosa, E. R., Vargas Hernández, R. del R., Hernández García, J., Luis Gatica, K., de los Santos Morales, S., & Silverio Beristáin, G. (2016). Pueblos mágicos en Puebla y su aportación al desarrollo regional. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 5(10).
- Graves, G. R., & Dal Forno, M. (2018). Persistence of transported lichen at a hummingbird nest site. *Northeastern Naturalist*, 25(4), N27–N31. <https://doi.org/10.1656/045.025.0410>
- Hawksworth, D. L., Iturriaga, T., & Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22(2), 71–82. [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(05\)70013-9](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(05)70013-9)
- Herrera-Campos, M. A., Lücking, R., Pérez-Pérez, R. E., Campos, Á., Martínez Colín, P., & Bárcenas Peña, A. (2004). The foliicolous lichen flora of Mexico. V. Biogeographical affinities, altitudinal preferences, and an updated checklist of 293 species. *The Lichenologist*, 36(5), 309–327. <https://doi.org/10.1017/S0024282904014483>
- Herrera-Campos, M. A., Lücking, R., Pérez-Pérez, R. E., Miranda, R., Sánchez, N., Barcenás-Peña, A., Carrizosa, A., Zambrano, A., Ryan, B. D., & Nash III, T. H. (2014). Biodiversidad de líquenes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 82–99. <https://doi.org/10.7550/rmb.37003>
- Herrera-Campos, M. A., Pérez-Pérez, R. E., & Nash III, T. H. (2016). Lichens of Mexico. The Parmeliaceae - Keys, distribution and specimen descriptions. En *Bibliotheca Lichenologica*. J. Cramer.
- Ibañez, L. M., García, R. A., Fiorini, V. D., & Montalti, D. (2018). Lichens in the nests of European starling *Sturnus vulgaris* serve a mate attraction rather than insecticidal function. *Turkish Journal of Zoology*, 42(3), 316–322. <https://doi.org/10.3906/zoo-1710-3>
- Lõhmus, A., Motiejūnaitė, J., & Lõhmus, P. (2023). Regionally varying habitat relationships in lichens: The concept and evidence with an emphasis on North-Temperate ecosystems. En *Journal of Fungi* (Vol. 9, Número 3, p. 341). MDPI. <https://doi.org/10.3390/jof9030341>
- Lücking, R. (1997). Estado actual de las investigaciones sobre líquenes foliícolas en la región Neotrópica, con un análisis biogeográfico preliminar. *Tropical Bryology*, 13, 87–114.
- Lücking, R. (2008). *Foliicolous lichenized fungi*. Published by New York Botanical Garden Press on behalf of Organization for Flora Neotropica. <http://www.jstor.org/stable/25660968>
- Lücking, R., Hodkinson, B. P., & Leavitt, S. D. (2017). The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota—Approaching one thousand genera. *The Bryologist*, 119(4), 361–416. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-119.4.361>
- Lücking, R., Leavitt, S. D., & Hawksworth, D. L. (2021). Species in lichen-forming fungi: balancing between conceptual and practical considerations, and between phenotype and phylogenomics. En *Fungal Diversity* (Vol. 109, Número 1, pp. 99–154). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00477-7>
- Lücking, R., & Lücking, A. (1996). Foliicolous bryophytes and lichens. En S. R. Gradstein, P. Hietz, R. Lücking, A. Lücking, H. J. M. Sipman, H. F. M. Vester, J. H. Wolf, & E. Gardette (Eds.), *How to sample the epiphytic diversity of tropical rain forests* (Vol. 2, pp. 67–72). Ecotropica.
- Lücking, R., Plata, E. R. I., Chaves, J. L., Umaña, L., Sipman, H. J. M., Ücking, R. L., Lata, E. R. I. P., Haves, J. L. C., Maña, L. U., & Ipman, H. J. M. S. (2009). How many tropical lichens are there ... really? *Bibliotheca Lichenologica*, 399–418.
- Markham, J., & Fernández Otárola, M. (2021). Bryophyte and lichen biomass and nitrogen fixation in a high elevation cloud forest in Cerro de La Muerte, Costa Rica. *Oecologia*, 195(2), 489–497. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04840-4>
- Massieu Trigo, Y. (2017). Movimiento indígena, ordenamiento territorial y biodiversidad en Cuetzalan, Puebla. *Argumentos*, 30(83), 119–148.

- Mendoza-Ruiz, A., & Ceja-Romero, J. (2020). New records of lycophytes and ferns for the state of Puebla, Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 127. <https://doi.org/10.21829/ABM127.2020.1637>
- Mercado-Díaz, J. A., Gould, W. A., González, G., & Lücking, R. (2015). *Lichens in Puerto Rico: An Ecosystem Approach* (Número IITF-GTR-46). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. https://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/IITF_GTR_46.pdf
- Miguel-Vázquez, M. I., Simijaca, D., Pérez-Pérez, R. E., & Ocampo, G. (2022). 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>
- Miranda-González, R., & McCune, B. (2020). The weight of the crust: Biomass of crustose lichens in tropical dry forest represents more than half of foliar biomass. *BIOTROPICA*, 1–11.
- Moncada, B., Pérez-Pérez, R. E., & Lücking, R. (2019). The lichenized genus *Cora* (Basidiomycota: Hygrophoraceae) in Mexico: High species richness, multiple colonization events, and high endemism. *Plant and Fungal Systematics*, 64(2), 393–411. <https://doi.org/10.2478/pfs-2019-0026>
- Mongkolsuk, P., Meesim, S., Poengsungnoen, V., Buaruang, K., Schumm, F., & Kalb, K. (2015). The lichen family Physciaceae in Thailand—II. Contributions to the genus *Heterodermia* sensu lato. *Phytotaxa*, 235(1), 001–066. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.235.1.1>
- Nash III, T. H. (2008). *Lichen Biology* (T. H. Nash III, Ed.; Second). Cambridge University Press.
- Pérez Towns, A. (2018). *La percepción social del programa de Pueblos Mágicos: el caso de Tlatlauquitepec, Puebla* [Tesis de Licenciatura]. Escuela de Ciencias Sociales, Universidad de las Américas Puebla.
- Pérez-Pérez, R. E., Castillo-Campos, G., & Cáceres, M. E. da S. (2015). Diversity of corticolous lichens in cloud forest remnants in la Cortadura, Coatepec, Veracruz, México in relation to phorophytes and habitat Fragmentation. *Cryptogamie, Mycologie*, 36(1), 79–92. <https://doi.org/10.7872/crym.v36.iss1.2015.79>
- Pérez-Pérez, R. E., & Guzmán, G. (2015). Parmotrema species in a cloud forest region turned into an urban zone in Xalapa, Veracruz, Mexico. *Bosque*, 36(3), 357–362. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300003>
- Purvis, W. (2000). *Lichens* (1a ed.). Natural History Museum, London / Smithsonian Institution, Washington.
- Rivera-Aguilar, V., Montejano, G., Rodríguez-Zaragoza, S., & Durán-Díaz, A. (2006). Distribution and composition of cyanobacteria, mosses and lichens of the biological soil crusts of the Tehuacán Valley, Puebla, México. *Journal of Arid Environments*, 67(2), 208–225. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.013>
- Robert, V., Stegehuis, G., & Stalpers, J. (2005). *MYCOBANK Data*. The MycoBank engine and related databases. <https://www.MycoBank.org/>.
- Rojas García, O., & Fernández Lomelín, L. E. (2020). La defensa del territorio y el agua: un bien común desde la perspectiva masewalmeh: Cuetzalan del Progreso, Puebla. *Revista de Paz y Conflictos*, 12(2), 135–154. <https://doi.org/10.30827/revpaz.v12i2.11542>
- Root, H. T., & Dodson, E. K. (2016). Pssst...pass the algae: succession in lichen soil crusts. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(8), 451–452. <https://doi.org/10.1002/fee.1419>
- Rosas Rangel, D. M., Mendoza, M. E., Gómez-Tagle, A., & Tobón Marín, C. (2019). Advances and challenges in the knowledge on the tropical mountain cloud forests of Mexico. *Madera y Bosques*, 25(1), e2511759. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511759>
- Rzedowski, J. (1996). Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botanica Mexicana*, 35, 25. <https://doi.org/10.21829/abm35.1996.955>
- Sánchez Girón, X. (2019). *Composición de la comunidad liquénica asociada a la selva baja caducifolia de San Pedro Atlixco, San Juan Tianguismanalco, Puebla* [Tesis de Licenciatura]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Scheidegger, C., & Werth, S. (2009). Conservation strategies for lichens: insights from population biology. *Fungal Biology Reviews*, 23(3), 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2009.10.003>
- Sipman, H. J. M. (1996). Corticolous lichens. En S. R. Gradstein, P. Hietz, R. Lücking, A. Lücking, H. J. M. Sipman, H. F. M. Vester, J. H. D. Wolf, & E. Gardette (Eds.), *How to sample epiphytic diversity of tropical rainforest* (Vol. 2, pp. 59–72). Ecotropica.
- Smith, C. W. (1995). Lichens as Indicators of Cloud Forest in Hawai'i. En L. S. Hamilton, J. O. Juvik, & F. N. Scatena (Eds.), *Tropical Montane Cloud Forests. Ecological Studies* (Vol. 110, pp. 309–314). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2500-3_22
- Soofi, M., Sharma, S., Safaei-Mahroo, B., Sohrabi, M., Ghorbani Organli, M., & Waltert, M. (2022). Lichens and animal camouflage: some observations from central Asian ecoregions. *Journal of Threatened Taxa*, 14(2), 20672–20676. <https://doi.org/10.11609/jott.7558.14.2.20672-20676>
- Spribille, T., Tuovinen, V., Resl, P., Vanderpool, D., Wolinski, H., Aime, M. C., Schneider, K., Stabentheiner, E., Toome-Heller, M., Thor, G., Mayrhofer, H., Johannesson, H., &

Recibido:
12/octubre/2023

Aceptado:
21/junio/2024

- McCutcheon, J. P. (2016). Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. *Science*, 353(6298), 488–492. <https://doi.org/10.1126/science.aaf8287>
- UNESCO. (2000). *Decision time for cloud forests. Water-related issues and problems of the humid tropics and other warm humid regions. IHP Humid Tropics Programme Series no. 13.*
- Villaseñor-Amador, D., Rivera González, C. M., & Hernández Díaz, J. A. (2022). Un Santuario de Anfibios para Proteger la Biodiversidad de Cuetzalan. *Eco-Lógico*, 62–69. <https://www.researchgate.net/publication/372134471>
- Williams-Linera, G., Manson, R. H., & Vera Isunza, E. (2002). La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 8(1), 73–89.
- Yáñez-Ayabaca, A., Benítez, Á., Batallas Molina, R., Naranjo, D., Etayo, J., Prieto, M., Cevallos, G., Caicedo, E., Scharnagl, K., McNerlin, B., Swanson, S., Aragón, G., Fernández-Prado, N., Martínez, I., Burgaz, A. R., González, Y., Déleg, J., Vega, M., Van Den Boom, P., ... Bungartz, F. (2023). Towards a dynamic checklist of lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of Ecuador - using the Consortium of Lichen Herbaria to manage fungal biodiversity in a megadiverse country. *Lichenologist*, 55(5), 203–222. <https://doi.org/10.1017/S0024282923000476>