

## Diversidad de líquenes epífitos en bosques de *Quercus* de Morelos, México

Epiphytic lichen diversity on *Quercus* Forest from Morelos, Mexico

Xitlali Sánchez-Girón <sup>a</sup>, Rosa Cerros-Tlatilpa <sup>b</sup>,  
Rosa Emilia Pérez-Pérez <sup>c \*</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Maestría Manejo de Recursos Naturales,  
Centro de Investigaciones Biológicas, Cuernavaca, Morelos, México.

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Biológicas, Cuernavaca,  
Morelos, México. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7079-6230>

\* Autor de correspondencia: <sup>c</sup> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Biológicas,  
Laboratorio de Liquenología, Puebla, Puebla, México, tel.: 52 2222295500, ext. 7077.  
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-5874-2849>, [emilia.perez@correo.buap.mx](mailto:emilia.perez@correo.buap.mx)

### SUMMARY

Oak forests, predominantly composed of *Quercus* species, often coexist with other tree species. Lichens are an important component of these forests. This study aimed to identify the phorophyte species present in *Quercus* forests within fragments of two protected natural areas in Morelos, Mexico, and to compare the epiphytic lichen community between the two sampling locations. Each selected phorophyte was measured for height, crown coverage, and breast height diameter. These variables were compared using the Mann-Whitney-Wilcoxon U-test. The lichen community was assessed at each sampling location using the first-order Jackknife nonparametric test. Subsequently, the Shannon diversity index, species indicator analysis and two-way cluster analysis were applied. The results revealed that in one locality, *Quercus magnoliifolia* dominated, with some elements of *Q. acutifolia* and *Harpalyce formosa*. This location contained the highest tree density (59 individuals), relatively younger trees, and the greatest lichen richness (52). The most abundant lichen species were *Canoparmelia cryptochlorophaea*, *Hypotrachyna gracilescens* and *Endohyalina ericina*. *Quercus glaucooides* was found exclusively in the mature forest, with 22 individuals and 11 lichen species. The most abundant lichen species in this location were *Physcia integrata*, *Leptogium cyanescens*, and *L. milligranum*. The total lichen richness between both locations was 90 species (30 in the opportunistic collection). They shared only 13 species, and 20 were new records for the state of Morelos.

**Keywords:** diversity, oaks, phorophytes, epiphytic lichens, species richness.

### RESUMEN

Los encinos o robles constituyen los bosques de *Quercus*, con frecuencia su dominancia se reparte con otras especies arbóreas. Un componente importante de estos bosques son los líquenes. El objetivo de este estudio fue identificar a las especies de forófitos presentes en los bosques de *Quercus* en fragmentos de dos áreas naturales protegidas de Morelos, México, y comparar a la comunidad de líquenes epífitos entre las localidades de muestreo. A cada forófito seleccionado, se le midió la altura, cobertura de la copa y el diámetro a la altura del pecho; estas variables se compararon con la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon U-test. La comunidad líquénica se estimó con la prueba no paramétrica de Jackknife de primer orden para cada localidad de muestreo; posteriormente se aplicó el índice de diversidad de Shannon, el análisis indicador de especies y el análisis de clúster de dos vías. Los resultados indicaron que en una localidad dominó *Quercus magnoliifolia*, con algunos elementos de *Q. acutifolia* y *Harpalyce formosa*, se observó la mayor densidad arbórea (59 individuos), los árboles fueron más jóvenes, y con la mayor riqueza de líquenes (52); las especies más abundantes fueron *Canoparmelia cryptochlorophaea*, *Hypotrachyna gracilescens* y *Endohyalina ericina*. *Quercus glaucooides* se encontró únicamente en el bosque maduro, con 22 individuos y 11 especies de líquenes; las más abundantes fueron *Physcia integrata*, *Leptogium cyanescens* y *L. milligranum*. La riqueza total de líquenes entre ambas localidades fue de 90 especies (30 en recolecta oportunista); solo compartieron 13 especies, y 20 fueron registros nuevos para el estado de Morelos.

**Palabras clave:** diversidad, encinos, forófitos, líquenes epífitos, riqueza de especies.

### INTRODUCCIÓN

Los líquenes tienen un papel importante en el ecosistema, contribuyen a la biomasa total de los bosques, reciclan

minerales y fijan nitrógeno; además, son utilizados como alimento, camuflaje e incluso como material de anidación (Pike 1978, Uliczka y Angelstam 2000). La presencia de líquenes está relacionada en gran medida de la estructu-

ra del bosque, la edad, cobertura del dosel, intensidad de manejo y diversidad arbórea (Johansson *et al.* 2009, Eide *et al.* 2014, Benítez *et al.* 2019). Los líquenes epífitos a su vez están determinados por las especies de forófitos y su edad (altura y diámetro), ya que de ello depende la disponibilidad del agua, el pH y la morfología de la corteza (Loppi y Frati 2004).

*Quercus* L. es un buen forófito tanto para las epífitas vasculares (Martínez-Meléndez *et al.* 2022), como para los líquenes epífitos (Córdova-Chávez *et al.* 2016). Se considera que su presencia y abundancia dependen en gran medida de la acidez de su corteza (Johansson *et al.* 2010, Oran y Öztürk 2012) así como de su estructura, ya que es lisa cuando los forófitos son jóvenes y rugosa y fisurada conforme van madurando (Johansson *et al.* 2009). Varios estudios alrededor del mundo dan cuenta de la importancia de *Quercus* en la diversidad de la comunidad líquénica, la cual puede estar conformada por especies generalistas, endémicas, raras, muy raras, indicadoras de continuidad de los bosques, especies amenazadas y algunas de ellas incluidas en listas rojas (Kubiak 2006, Johansson *et al.* 2009, 2010, Esslinger y Pérez-Pérez 2010, Pérez-Pérez *et al.* 2011, Córdova-Chávez *et al.* 2016, Fałtynowicz *et al.* 2018, Castillo-Campos *et al.* 2019).

Los encinos o robles constituyen los bosques de *Quercus* y México, se considera un centro de diversidad para el género. Se registran 161 especies en el país (Valencia-Avalos 2004) y más de la mitad de las especies son dominantes o codominantes en los bosques, por lo que los encinares presentan una gran diversidad florística y con frecuencia su dominancia se reparte con especies de otras familias, incluso pueden formar varios estratos debido a la altura de las especies que se desarrollan en este tipo de vegetación. Los bosques puros pueden estar dominados por una o varias especies de *Quercus* y con frecuencia pueden encontrarse árboles de *Alnus*, *Arbutus*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Juniperus* y *Pinus*. Las especies de hierbas y arbustos son diversas y se incluyen miembros de las familias Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae y Rubiaceae, entre otras (Rzedowski 2006).

Sin embargo, los bosques alrededor del mundo están sujetos a una gran presión antropogénica causada por el incremento de la urbanización, la deforestación y la expansión de la agricultura (FAO y UNEP 2020). En México la situación del bosque de encino no es diferente; a pesar de ser considerado un centro de diversificación del género *Quercus* al tener cerca de 107 especies endémicas, estos bosques están siendo transformados principalmente porque ocupan áreas favorables para la agricultura (Rzedowski 2006).

Una estrategia para tratar de conservar a los ecosistemas y la diversidad que alberga es la creación de áreas naturales protegidas (ANP's), las cuales cuentan con una alta diversidad de especies y diferentes tipos de vegetación, entre los que destacan los bosques de encino (Cerros-Tlatilpa y Espejo-Serna 1998, Dorado *et al.* 2005). Los bosques

de encino se encuentran en zonas de clima templado o de clima cálido; se encuentran desde el nivel del mar hasta los 3.100 m, son comunidades con amplia variación en su altura y pueden ser caducifolios o perennifolios (Rzedowski 2006). El objetivo de este estudio es identificar a las especies de *Quercus* que se encuentran en fragmentos de dos ANP's, así como comparar a la comunidad de líquenes epífitos que presentan. Por lo que se espera que ambas zonas tengan condiciones diferentes que propicien que tanto las especies de forófitos como de hongos liquenizados, sean diferentes.

## MÉTODOS

*Área de estudio.* Las localidades de muestreo se encuentran en dos ANP's del estado de Morelos, México. El Zapote (EZ) en el municipio de Puente de Ixtla (18° 28' 10,43" N y 99° 19' 41,26" O), forma parte de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, se encuentra a una altitud que varía de 1.795 a 1.812 m s.n.m., el clima es cálido subhúmedo, con una temperatura media anual de 22 °C y con lluvias en el verano. El Cerro el Sombrero (CS) en el municipio de Tlayacapan (18° 57' 09,60" N y 98° 58' 32,82" O) pertenece al Corredor Biológico Chichinautzin; tiene una altitud que va de los 1.640 a 1.720 m s.n.m., es semicálido subhúmedo, con una temperatura media anual de 18 °C, con lluvias en el verano (Cerros-Tlatilpa y Espejo-Serna 1998, Dorado *et al.* 2005).

*Trabajo de campo.* En cada localidad de muestreo, se establecieron cinco cuadrantes de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>), en cada cuadrante se trazaron tres líneas semi paralelas y se seleccionaron al azar 12 forófitos de encino (*Quercus* spp.) (cuatro por línea) con un diámetro a la altura pecho (DAP) > 20 cm; a cada forófito se le midió la altura, cobertura de la copa y el DAP; para lo cual se utilizó una pistola Haga y cinta métrica convencional respectivamente. Aunque cada forófito fue identificado en campo, se recolectaron muestras para su confirmación. La cobertura de la comunidad líquénica se midió en cada forófito seleccionado, se utilizó un micro-cuadrante de plástico transparente de 20 x 50 cm, subdividido en cuadrados de 2 x 2 cm, con un total de 250 cuadrados y 1.000 cm<sup>2</sup>; se hicieron dos mediciones por forófito, la primera fue en donde se observó la mayor cobertura de líquenes y la segunda en el lado contrario; sin embargo, para los análisis estadísticos las dos mediciones se agruparon para obtener la cobertura y riqueza por forófito (Cáceres *et al.* 2007, Pérez-Pérez *et al.* 2011, 2015, Castillo-Campos *et al.* 2019). Al mismo tiempo, se llevó a cabo una recolecta oportunista no cuantitativa en todos los sustratos disponibles (León-González y Pérez-Pérez 2020) para completar la lista de especies presentes en los sitios de muestreo.

*Trabajo de laboratorio.* Para la correcta identificación de las muestras tanto de forófitos como de líquenes se siguie-

ron las claves taxonómicas especializadas (Jørgensen y Nash III 2004, Kashiwadani y Nash III 2004, Staiger y Kalb 2004, Staiger *et al.* 2004, Mongkolsuk *et al.* 2015, Kitaura *et al.* 2015, Brodo 2016, Herrera-Campos *et al.* 2016). La identificación de los forófitos fue corroborada en el Laboratorio de Sistemática y Morfología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UAEM. Con respecto a los líquenes, los caracteres anatómicos se observaron con un microscopio estereoscópico Carl Zeiss modelo Stemi 305, un microscopio óptico convencional Carl Zeiss Primo Star, y bajo la luz ultravioleta (365 nm); además se les hicieron pruebas de tinción estandarizadas (Brodo *et al.* 2001). Los talos que fueron muy pequeños y/o sin estructuras reproductivas, solo se identificaron a nivel de género (León-González y Pérez-Pérez 2020). Para la nomenclatura de las especies se consultaron las bases de Mycobank (Robert *et al.* 2005). Los ejemplares de hongos liquenizados se depositaron en la colección de líquenes de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (HUAPLI), mientras que los ejemplares de *Quercus* y *Harpalyce* se depositaron en el herbario HUMO de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

*Análisis de datos.* Para cada localidad de muestreo, se compararon las distribuciones de los valores de DAP, altura y coberturas de los forófitos muestreados con la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon U-test (León-González y Pérez-Pérez 2020). La riqueza de la comunidad liquénica se estimó con la prueba no paramétrica de Jackknife de primer orden y se construyeron curvas de rango-abundancia para identificar a las especies más abundantes en cada localidad (McCune y Grace 2002, León-González y Pérez-Pérez 2020, Figueroa-Castro y Pérez-Pérez 2022). Se calculó la riqueza alfa y cobertura de líquenes para cada especie de

forófito, posteriormente se aplicó el índice de diversidad de Shannon (Pérez-Pérez *et al.* 2015, Figueroa-Castro y Pérez-Pérez 2022). Para identificar la posible preferencia de los líquenes por alguna especie de forófito, se utilizó el Análisis Indicador de Especies (ISA) con la prueba de significancia de Monte Carlo, con las especies de forófitos como variable de agrupamiento; la frecuencia y la cobertura de los líquenes fueron aleatorizados con 4.999 réplicas (McCune y Grace 2002, Pérez-Pérez *et al.* 2015, Castillo-Campos *et al.* 2019). Se utilizó el análisis de clúster de dos vías (Two-Way-Cluster Analysis) para tratar de identificar si las especies de forófitos se agrupan considerando la composición de la comunidad liquénica, los rangos de similitud entre los grupos van de 0 (disimilares) al 100 % (totalmente similares), se tuvo como método de clasificación el coeficiente relativo de disimilitud de Sorensen con un Beta flexible de -0,25 como algoritmo de agrupamiento (McCune y Grace 2002, León-González y Pérez-Pérez 2020). Los análisis estadísticos se hicieron con los paquetes PC Ord 7,09 (McCune y Mefford 2018) y STATISTICA 7 (StatSoft 2004).

## RESULTADOS

El número de forófitos en cada sitio de muestreo fue diferente; en los cuadrantes de El Zapote (EZ) se seleccionaron 60 forófitos, de los cuales uno no tuvo presencia de líquenes; los forófitos pertenecieron a tres especies: *Quercus magnoliifolia* Née (QMAG), *Q. acutifolia* Née (QACU) y *Harpalyce formosa* DC (HFOR). Mientras que, en los cuadrantes del Cerro el Sombrerito, solo se encontraron 22 individuos, todos ellos pertenecieron a *Q. glaucoides* M. Martens & Galeotti (QGLA); sin embargo, estos forófitos exhibieron los valores más altos de DAP y cobertura de la copa (cuadro 1). Cuando se analizó la distribu-

**Cuadro 1.** Forófitos en los sitios de muestreo, en donde QACU corresponde a *Quercus acutifolia*, HFOR a *Harpalyce formosa*, QMAG a *Q. magnoliifolia* y QGLA a *Q. glaucoides*. Se indica el número de individuos y los valores promedio ( $\pm$  Error estándar) de DAP, altura y cobertura de la copa. Con respecto a los líquenes, se incluye el valor promedio de cobertura ( $\pm$  Error estándar), se indica la riqueza alfa ( $\alpha$ ), y entre paréntesis el número de especies compartidas, la Equitatividad ( $E = H \ln^{-1}$  (Riqueza)) y los valores del Índice de Diversidad de Shannon (H).

Phorophytes at the sampling sites were as follows: QACU for *Quercus acutifolia*, HFOR for *Harpalyce formosa*, QMAG for *Q. magnoliifolia*, and QGLA for *Q. glaucoides*. The table provides the number of individuals and average values ( $\pm$  Standard error) of DHB, height, and crown coverage. For lichens, it includes the average value of coverage ( $\pm$  Standard error), alpha richness ( $\alpha$ ), and in parentheses, the number of shared species, Evenness ( $E = H \ln^{-1}$  (Richness)), and the values of the Shannon Diversity Index (H).

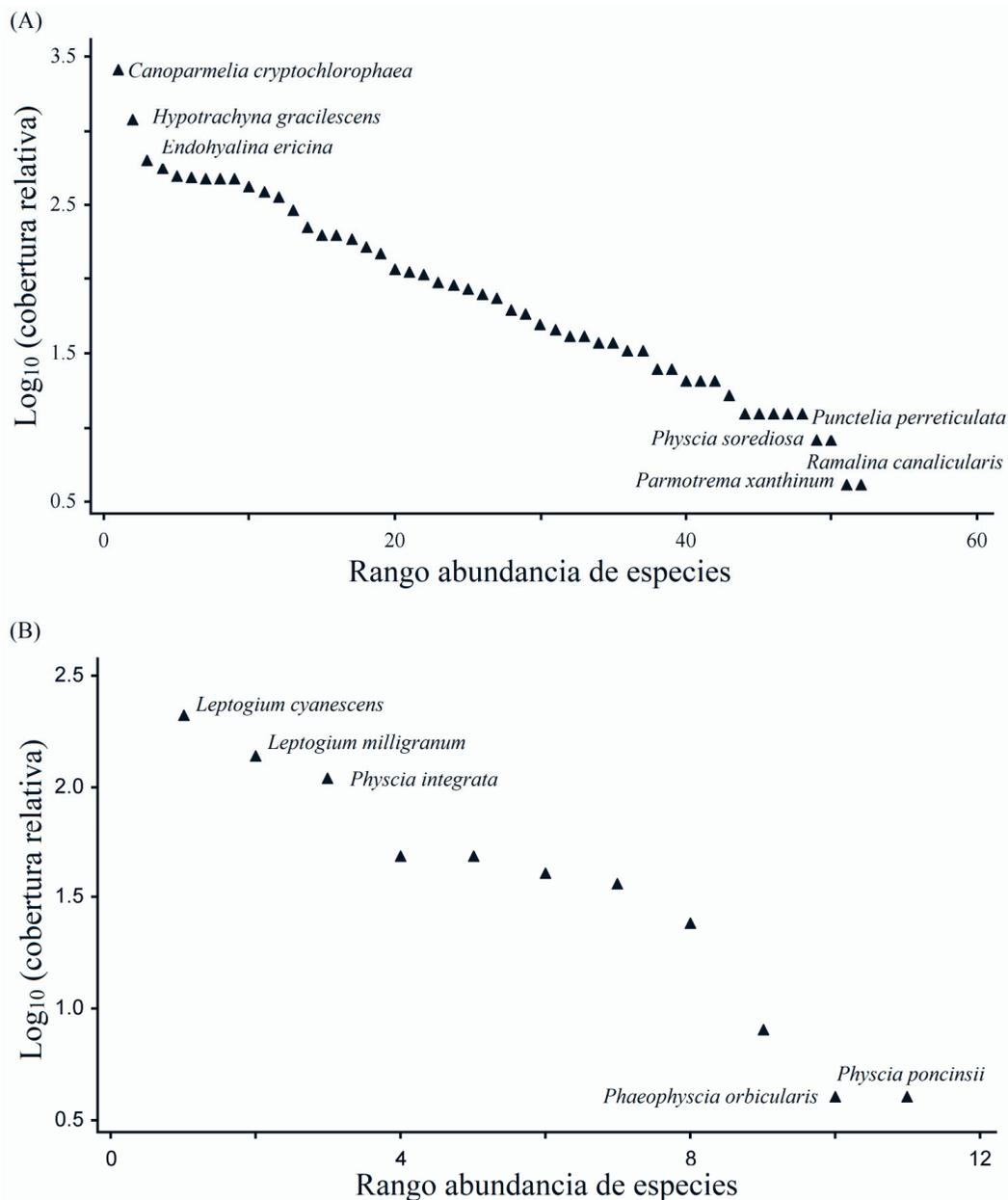
Localidad de muestreo	Forófitos; Media ( $\pm$ Error estándar)					Líquenes			
	Especies	Número de individuos	DAP (cm)	Altura (m)	Cobertura de la copa (cm <sup>2</sup> )	Cobertura (cm <sup>2</sup> ) Media ( $\pm$ Error estándar)	$\alpha$	E	H
El Zapote	QACU	3	23,77 ( $\pm$ 5,89)	13,16 ( $\pm$ 1,68)	23,75 ( $\pm$ 38,93)	23,33 ( $\pm$ 9,43)	15 (10)	0,79	2,13
	HFOR	2	11,78 ( $\pm$ 7,16)	8,89 ( $\pm$ 2,06)	6,62 ( $\pm$ 47,68)	5,13 ( $\pm$ 20,37)	7 (6)	0,8	1,55
	QMAG	55	15,7( $\pm$ 1,36)	11,45 ( $\pm$ 0,39)	18,46 ( $\pm$ 9,09)	155,13 ( $\pm$ 45,09)	44 (11)	0,75	2,85
Cerro el Sombrerito	QGLA	22	35,05 ( $\pm$ 2,15)	7 ( $\pm$ 0,62)	93,79 ( $\pm$ 14,37)	11,07 ( $\pm$ 4,58)	11 (3)	0,8	1,92

ción de las variables de altura, DAP y cobertura, la prueba de Mann-Whitney-Wicoxon U-test entre los cuadrantes para cada una de las localidades, solo se encontraron diferencias significativas en la variable altura ( $P < 0,05$ ) para la localidad de El Sombrerito. Los resultados obtenidos al comparar dichas variables entre las diferentes especies de forófitos, se encontraron diferencias significativas en todas las variables ( $P < 0,05$ ).

Al considerar la cobertura de las especies de líquenes, los resultados indicaron que, *Q. magnoliifolia* (QMAG), presentó el valor promedio de cobertura de líquenes más

alto ( $155,13 (\pm 45,09 \text{ cm}^2)$ ) así como la mayor riqueza de líquenes (44); mientras que *Harpalyce formosa* (HFOR) exhibió los valores más bajos tanto de cobertura promedio ( $5,13 (\pm 20,37)$ ) como de riqueza (7 especies) (cuadro 1).

Al analizar la riqueza de la comunidad líquénica, los resultados indicaron que en el sitio de El Zapote se registraron en 59 forófitos, 52 especies de líquenes (3 especies en promedio por forófito); de acuerdo con el estimador de Jackknife de primer orden, la riqueza esperada era de 78 especies (figura 1A), lo que resultó en un 67 % de completitud. Estos valores de riqueza difirieron cuando



**Figura 1.** Distribución de la abundancia de las especies en los diferentes forófitos, considerando sus coberturas; en donde (A) corresponde a El Zapote y (B) al Cerro el Sombrerito.

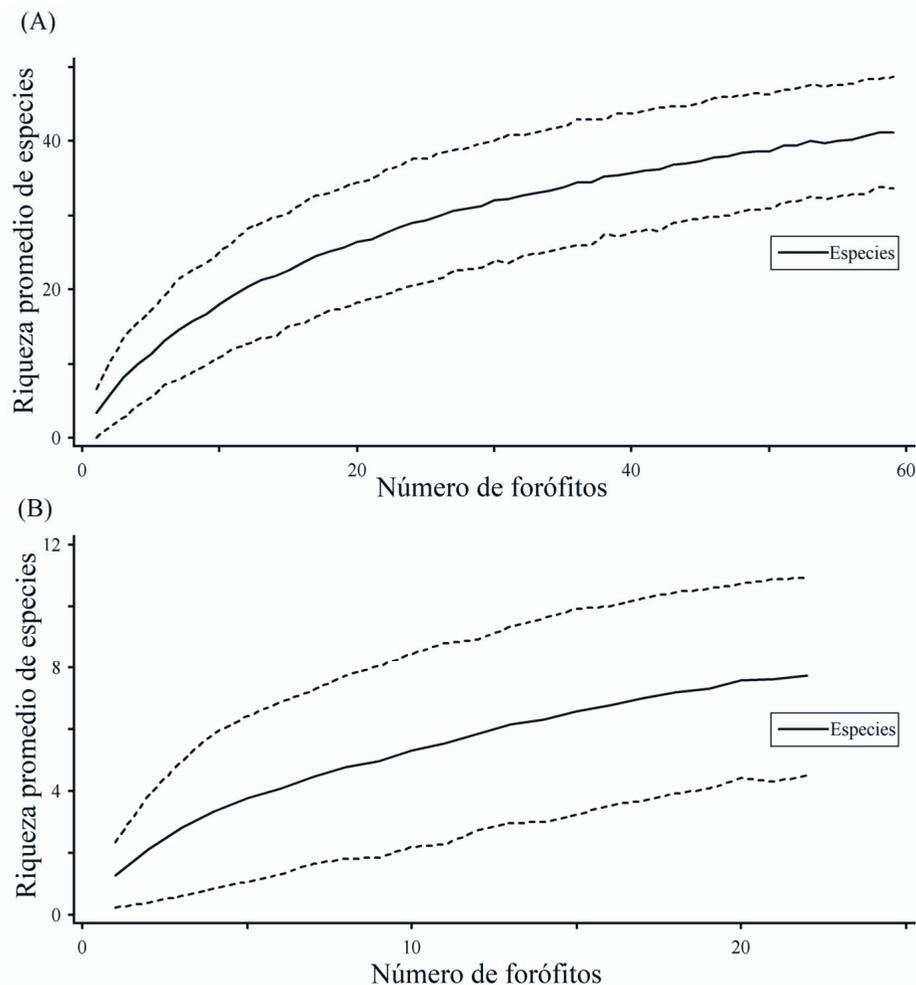
Species abundance distribution in the different phorophytes, considering their coverages, where (A) corresponds to El Zapote and (B) to Cerro el Sombrerito.

se consideraron a las 20 especies recolectadas durante el muestreo oportunista, lo que resultó en 72 especies. Las especies más abundantes en los forófitos fueron *Canoparmelia cryptochlorophaea*, *Hypotrachyna gracilescens* y *Endohyalina ericina*, entre las especies con menor abundancia se encuentra *Ramalina canalicularis* y *Parmotrema xanthinum* (figura 2A). El género más diverso fue *Hypotrachyna* con 11 especies, seguido de *Parmotrema* con cinco; considerando las formas de crecimiento, el 78,8 % corresponden a líquenes foliosos, 15,4 % a costras, 3,8 % a fruticosos y el 1,2 % a líquenes compuestos. En el Cerro el Sombrerito, el resultado del estimador de Jackknife de primer orden indicó que la riqueza esperada era de 20 especies, se registraron 11 especies sobre los forófitos seleccionados (una especie en promedio por forófito) (figura 1B), teniendo una completitud del 55 %. Durante la recolecta oportunista se recolectaron 12 especies, con lo que se tuvo un total de 23 especies de líquenes. Las especies que tuvieron mayor abundancia fueron *Leptogium cyanescens*, *L. milligranum* y *Physcia integrata* mien-

tras que las menos abundantes fueron *Physcia poncinsii* y *Phaeophyscia orbicularis* (figura 2B). El género más diverso fue *Physcia* con cinco especies, seguido de *Leptogium* con tres especies; todas las especies recolectadas sobre los forófitos fueron líquenes foliosos. La comunidad líquénica en los bosques de *Quercus* de ambas localidades está conformada por 90 especies, considerando tanto la recolecta sobre los forófitos como la recolecta oportunista; por otro lado, y después de hacer la revisión de los registros reportados para el estado de Morelos (CLH, Pérez-Pérez 2020), se tienen 20 registros nuevos (15 en el EZ y 8 en el CS) (cuadro 2).

Cuando se aplicó el análisis indicador de especies (ISA), los resultados mostraron que *Hypotrachyna aguirrei*, *Physcia biziana* y *P. cinerea* tuvieron preferencia por el forófito HFOR; *Parmotrema reticulatum* y *Heterodermia lineare* por QACU; mientras que *Leptogium cyanescens* tuvo preferencia por QGLA ( $P < 0.05$ ).

La riqueza de la comunidad líquénica entre los forófitos de ambas localidades muestreadas fue de 60 especies,



**Figura 2.** Especies área curva de la comunidad líquénica en las localidades de (A) El Zapote y (B) en el Cerro el Sombrerito.

Species area curve of lichen community in the localities of (A) El Zapote and (B) Cerro el Sombrerito.

**Cuadro 2.** Lista de especies presentes (+) en las localidades de El Zapote (EZ) y el Cerro el Sombrero (CS). Se indican los acrónimos; así como las especies registradas durante la recolecta general en las diferentes localidades. Los nombres en negritas corresponden a los nuevos registros para el estado.

List of species present (+) in the localities of El Zapote (EZ) and Cerro el Sombrero (CS). We indicated the acronyms and the species recorded during the general collection in the different localities. Names in bold correspond to new records for the state.

Taxón	Acrónimo	EZ	CS	Recolecta general
<i>Allographa nuda</i> (H. Magn.) Lücking & Kalb	ANUD	+	-	-
<i>Canoparmelia caroliniana</i> (Nyl.) Elix & Hale	CCAR	+	-	-
<i>Canoparmelia crozalsiana</i> (de Lesd.) Elix & Hale	CCRO	+	-	CS
<b><i>Canoparmelia cryptochlorophaea</i> (Hale) Elix &amp; Hale</b>	CCRY	+	-	-
<i>Canoparmelia texana</i> (Tuck.) Elix & Hale	CTEX	+	-	-
<i>Cladonia</i> sp.	CLSP	+	-	-
<i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer.	CCEN	-	-	EZ
<i>Cladonia macilenta</i> Hoffm.	CMAC	-	-	EZ
<b><i>Coccocarpia erythroxyli</i> (Spreng.) Swinscow &amp; Krog</b>	CERY	+	-	-
<i>Lepraria</i> sp.	LESP	+	-	-
<i>Endohyalina ericina</i> (Nyl.) Giralt, van den Boom & Elix	EERI	+	-	-
<i>Flavoparmelia subcapitata</i> Nyl. ex Hasse	FSUB	+	-	-
<i>Flavopunctelia darrowii</i> (J.W. Thomson) Hale	FDAR	-	-	CS
<i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirt.) Hale	FFLA	+	+	-
<i>Flavopunctelia</i> cf. <i>lobulata</i> Elix & Adler	FLOB	+	-	-
<i>Flavopunctelia soledica</i> (Nyl.) Hale	FSOR	+	-	-
<i>Haematomma infuscum</i> (Stirt.) R.W. Rogers	HAIN	+	-	-
<i>Haematomma persoonii</i> (Fée) A. Massal.	HPER	-	-	EZ
<b><i>Heterodermia lineare</i> Moberg &amp; T.H. Nash</b>	HLIN	+	-	CS
<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	HOBS	+	-	-
<b><i>Heterodermia pseudospeciosa</i> (Kurok.) W.L. Culb.</b>	HPSE	-	-	CS
<b><i>Hypotrachyna aguirrei</i> Sipman, Elix &amp; T.H. Nash</b>	HAGU	+	-	-
<i>Hypotrachyna arsenei</i> (Hale & M. Wirth) Divakar, A. Crespo, Sipman, Elix & Lumbsch	HARS	+	-	-
<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>brevirhiza</i> (Kurok.) Hale	HBRE	+	-	-
<i>Hypotrachyna cirrhata</i> (Fr.) Divakar, A. Crespo, Sipman, Elix & Lumbsch	HCIR	-	-	EZ
<b><i>Hypotrachyna damaziana</i> (Zahlbr.) Krog &amp; Swinscow</b>	HDAM	-	-	EZ
<b><i>Hypotrachyna exsecta</i> (Taylor) Hale</b>	HEXS	+	-	-
<i>Hypotrachyna gracilescens</i> (Vain.) Hale	HGRA	+	-	-
<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>heteroloba</i> (Zahlbruckner) Divakar, A. Crespo, Sipman, Elix & Lumbsch	HHET	+	-	-
<i>Hypotrachyna horrescens</i> (Taylor) Krog & Swinscow	HHOR	+	-	-
<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>microblasta</i> (Vain.) Hale	HMIC	-	-	EZ
<i>Hypotrachyna minarum</i> (Vain.) Krog & Swinscow	HMIN	+	-	-
<i>Hypotrachyna nepalensis</i> (Taylor) Divakar, A. Crespo, Sipman, Elix & Lumbsch	HNEP	+	-	-
<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>subfaticens</i> (Kurok.) Swinscow & Krog	HSUB	+	-	-
<i>Hypotrachyna</i> sp.1	HSP1	+	-	-
<i>Hypotrachyna</i> sp. 2	HSP2	-	-	EZ

Continúa

Continuación Cuadro 2

<i>Lecanora</i> cf. <i>farinacea</i> Fée	LFAR	+	-	-
<i>Lecanora</i> cf. <i>subrugosa</i> Nyl.	LSUB	+	-	-
<i>Leptogium azureum</i> (Sw.) Mont	LAZU	-	-	EZ
<i>Leptogium cyanescens</i> (Ach.) Körb	LCYA	-	+	-
<i>Leptogium joergensenii</i> Marcelli & Kitaura	LJOE	-	-	CS
<b><i>Leptogium milligranum</i> Sierk</b>	LMIL	-	+	-
<i>Leptogium rugosum</i> Sierk	LRUG	-	+	-
<i>Leucodermia appalachensis</i> (Kurok.) Kalb	LAPP	-	-	EZ
<i>Ochrolechia mexicana</i> Vain.	OMEX	+	-	-
<i>Parmelia bolliana</i> Müll. Arg.	PBOL	+	-	-
<b><i>Parmelia subcapitata</i> Nyl. ex Hasse</b>	PSUB	+	-	-
<b><i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale</b>	PTIL	+	-	-
<i>Parmeliopsis</i> cf. <i>ambigua</i> (Wulfen) Nyl.	PAMB	+	-	-
<b><i>Parmeliopsis hyperopta</i> (Ach.) Vain.</b>	PHYP	+	-	-
<i>Parmotrema austrosinense</i> (Zahlbr.) Hale	PAUS	+	-	CS
<i>Parmotrema cetratum</i> (Ach.) Hale	PCET	-	-	EZ
<i>Parmotrema cooperi</i> (J. Steiner & Zahlbr.) Sérus.	PCOO	-	-	CS
<i>Parmotrema</i> cf. <i>coralliforme</i> (Hale) Hale	PCOR	-	-	EZ
<i>Parmotrema cristiferum</i> (Taylor) Hale	PCRI	-	+	-
<b><i>Parmotrema haitiense</i> (Hale) Hale</b>	PHAI	+	-	-
<b><i>Parmotrema hypoleucinum</i> (J. Steiner) Hale</b>	PHYP	-	-	CS
<i>Parmotrema hypotropum</i> (Nyl.) Hale	PAHY	-	-	EZ
<b><i>Parmotrema louisianae</i> (Hale) Hale</b>	PLOU	-	-	EZ
<i>Parmotrema mordenii</i> (Hale) Hale	PMOR	-	-	CS
<i>Parmotrema muelleri</i> (Vain.) O. Blanco	PMUL	+	-	-
<b><i>Parmotrema myelochroum</i> (Hale) Hale</b>	PMYE	-	-	EZ
<b><i>Parmotrema paulense</i> (Zahlbr.) Hale</b>	PPAU	+	-	
<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M. Choisy	PPER	-	-	CS
<i>Parmotrema praesorediosum</i> (Nyl.) Hale	PPRA	-	-	CS
<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy	PRET	+	-	
<i>Parmotrema subtinctorium</i> (Zahlbr.) Hale	PSUB	-	-	CS
<i>Parmotrema tinctorum</i> (Despr. ex Nyl.) Hale	PTIN	-	-	EZ
<i>Parmotrema xanthinum</i> (Müll. Arg.) Hale	PXAN	+	-	-
<i>Pertusaria</i> cf. <i>mesotropa</i> Müll. Arg.	PMES	+	-	-
<i>Phaeophyscia hispidula</i> (Ach.) Essl.	PHIS	-	-	CS
<b><i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg</b>	PORB	-	+	CS
<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr	PAIP	-	-	CS/EZ
<i>Physcia biziana</i> (A. Massal.) Zahlbr.	PBIZ	+		CS
<b><i>Physcia cinerea</i> Moberg</b>	PCIN	+	+	-
<i>Physcia integrata</i> Nyl.	PINT	-	+	-

Continúa

<i>Physcia poncinsii</i> Hue	PPON	+	+	-
<b><i>Physcia solediosa</i> (Vain.) Lyngé</b>	PSOR	+	-	CS
<i>Physcia</i> sp.	PHSP	-	+	-
<b><i>Physcia undulata</i> Moberg</b>	PUND	-	+	-
<i>Polyblastidium</i> cf. <i>hypoleucum</i> (Ach.) Kalb	PHYP	-	-	CS/EZ
<i>Polyblastidium japonicum</i> (M. Satô) Kalb	PJAP	+	-	-
<i>Punctelia borreri</i> (Sm.) Krog	PBOR	-	-	CS/EZ
<i>Punctelia caseana</i> Lendemer & Hodgkinson	PCAS	+	-	-
<i>Punctelia</i> cf. <i>hypoleucites</i> (Nyl.) Krog	PHYP	+	-	-
<i>Punctelia jeckeri</i> (Roum.) Kalb	PJEC	-	-	EZ
<i>Punctelia perreticulata</i> (Räsänen) G. Wilh. & Ladd	PPER	+	-	-
<i>Ramalina canalicularis</i> (Nyl.) Kashiw	RCAN	+	-	EZ
<i>Usnea</i> sp.	USSP	-	-	EZ
<i>Usnea</i> cf. <i>rubicunda</i> Stirton	URUB	+	-	-

de las cuales el 78,3 % (47 especies) no se compartieron entre las diferentes especies de forófitos, mientras que el 21,7 % (13 especies) se comparten entre dos y tres especies de forófitos. Entre las especies que no se compartieron, 29 solo estuvieron en un individuo de las diferentes especies de forófitos.

La distribución de la comunidad de líquenes se puede observar a mayor detalle en el clúster de doble vía (figura 3). En la parte que corresponde a las especies de forófitos, se formaron dos grupos (al 52,5 % de información remanente), el grupo A que corresponde a QGLA presente en el Cerro El Sombrerito y B, que incluye a QMAG, QACU y HFOR, todos ellos forófitos de la localidad El Zapote. Con respecto a la comunidad líquénica, se observaron tres grupos (72,3 % de información remanente); en el grupo A, se encontraron nueve especies, de las cuales ocho (13,3 %) fueron únicas para QGLA; en el grupo B, aun cuando se observan especies compartidas entre dos y tres forófitos; sobresalen las especies que solo se encontraron en QMAG (33 especies, 55 %). El grupo C, presentó dos subgrupos; en el subgrupo uno, se encontraron ocho especies, cinco de ellas (8,3 %) solo se encontraron en QACU; mientras que el subgrupo dos, se conformó por dos especies, una (1,7 %) de las cuales solo se reportó para HFOR. Otro resultado importante que se resalta en esta figura; es el hecho que del total de especies (60), 29 (48,3 %, marcadas con un asterisco) se pueden considerar como raras al encontrarse solo una vez en un solo individuo de alguna especie de forófito; tal es el caso de *Physcia integrata* (PINT) que solo se recolectó en QGLA, *Parmelina tiliacea* (PTIL) en QMAG, *Ramalina canalicularis* (RCAN) en QACU y *Physcia biziana* (PBIZ) en HFOR (figura 3, cuadro 2).

## DISCUSIÓN

El bosque de *Quercus* de la localidad de El Zapote que pertenece a la Reserva de la Biósfera Sierra de Huatla, es más diverso, al encontrarse tres especies de forófitos, mientras que, en el Cerro el Sombrerito, que pertenece al Corredor Biológico Chichinautzin (COBIO), solo se reporta una especie de forófito. La diferencia en la estructura y composición de los forófitos encontrado en las localidades de muestreo, no es rara si se considera que el bosque del Cerro el Sombrerito es un bosque viejo y conservado (Cerros-Tlatilpa y Espejo-Serna 1998); similar a lo reportado por Altamirano (2012) para la localidad de San Juan Tlacotenco en Tepoztlán, en donde el bosque de *Quercus* es conservado y además presenta la mayor riqueza líquénica que el bosque de *Pinus* y *Abies*. Por otro lado, los resultados de este estudio coinciden con lo reportado por Pérez-Pérez *et al.* (2011) quienes mencionan que en los bosques maduros de *Pinus-Quercus*, aunque la densidad arbórea sea menor, los árboles presentan mayor DAP; lo que corresponde a árboles de mayor edad (Córdova-Chávez *et al.* 2016).

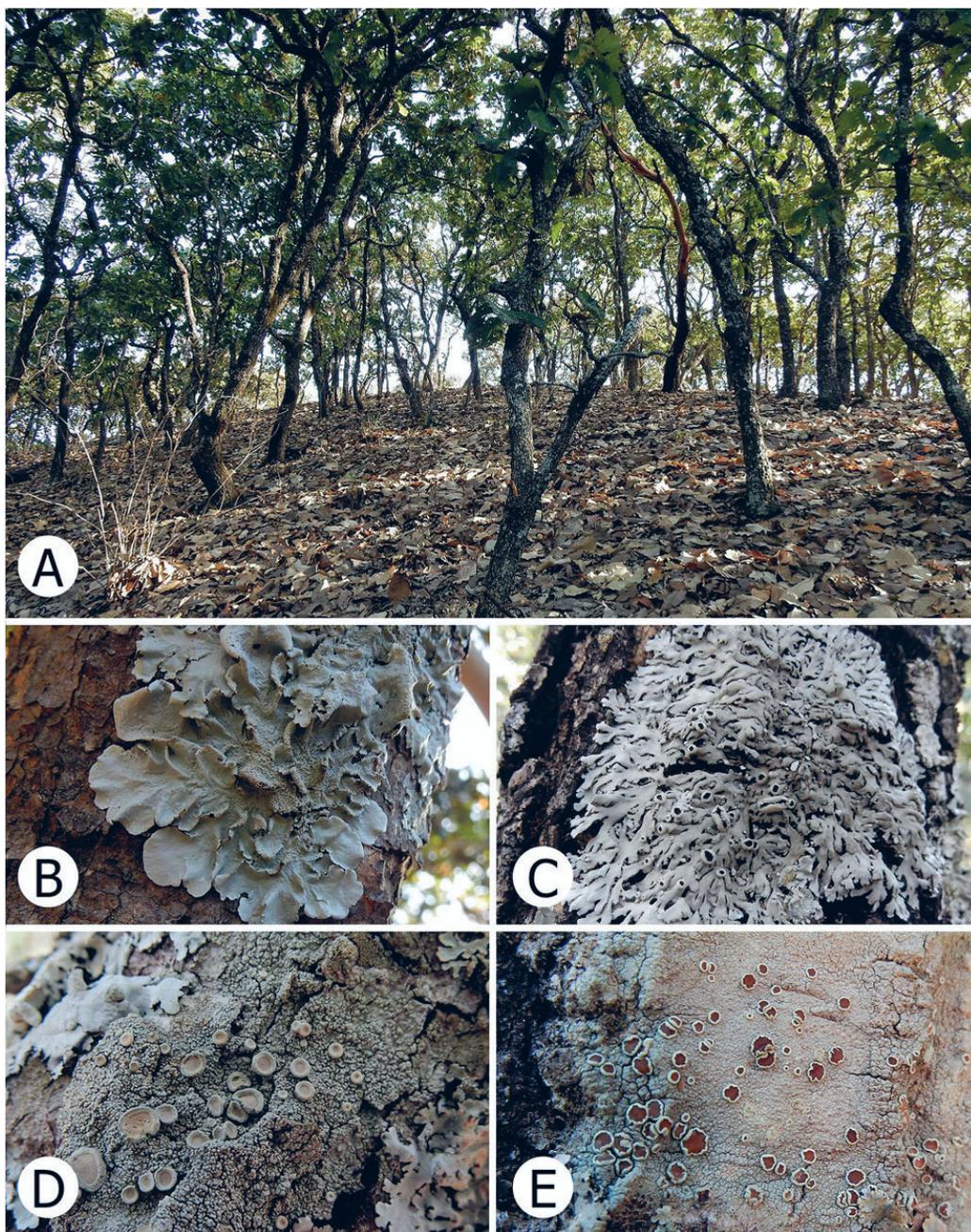
Con respecto a la riqueza de líquenes y de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se observa la importancia que tienen los muestreos oportunistas, debido a que permiten complementar el conocimiento de la flora líquénica de los sitios de muestreo (León-González y Pérez-Pérez 2020), ya que al considerar a los líquenes recolectados en los forófitos y los obtenidos por la recolecta oportunista, se tiene una riqueza total de 90 especies de las cuales, seis solo se identificaron a nivel de género; sin embargo, aun cuando hubieran sido más ejemplares identificados a este nivel taxonómico, eso no le resta importancia a los re-



za, la composición y la disimilaridad entre tres tipos de vegetación, los resultados indican que la mayor riqueza líquénica se encuentra el bosque de *Quercus* (132 spp.), seguido del matorral subtropical (90) y del matorral xerófilo (85) (Simijaca *et al.* 2023).

Debido a las diferencias en la metodología de los diversos estudios llevados a cabo en forófitos del género *Quercus*, es difícil comparar los resultados obtenidos; por

ejemplo, en este estudio, aunque se muestrearon un total de 59 forófitos, la riqueza fue menor (60 especies) a la reportada en un estudio en donde solo muestrearon a lo largo de 15 troncos de *Q. laurina*, donde reportan un total de 126 especies, de las cuales, 75 fueron microlíquenes y 51 macrolíquenes; en dicho estudio, los autores sugieren que la comunidad líquénica asociada a *Q. laurina* es muy diversa, y que la riqueza y cobertura de los líquenes está



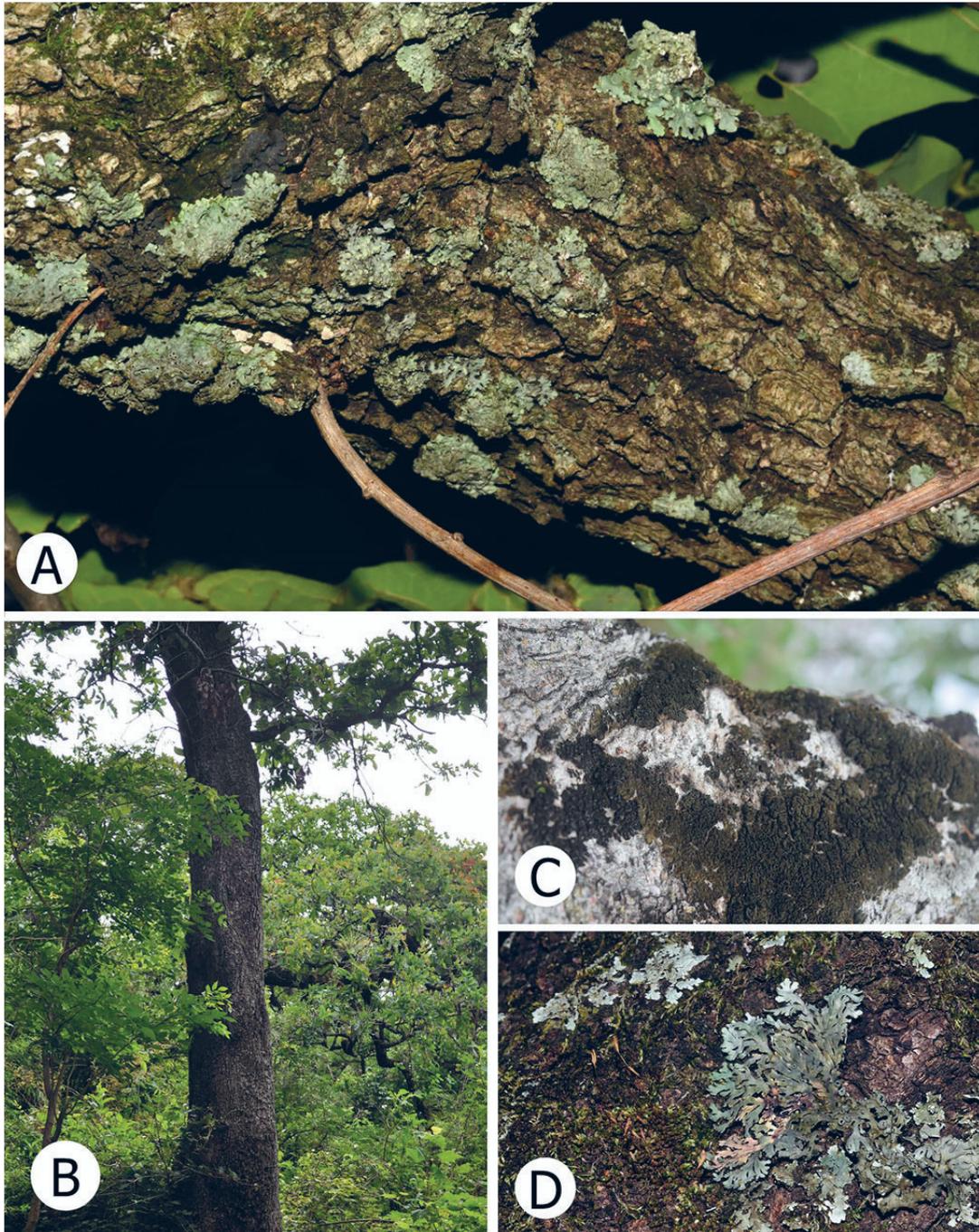
**Figura 4.** Bosque de *Quercus* en la localidad de El Zapote y algunos líquenes foliosos y costrosos. A) Forófitos en la localidad de El Zapote, B) *Parmotrema* sp., C) *Heterodermia* sp., D) *Ochrolechia* sp., E) *Haematomma* sp. Fotografías: RE Pérez-Pérez.

*Quercus* forest from El Zapote locality and some foliose and crustose lichens. A) Phorophytes from El Zapote locality, B) *Parmotrema* sp., C) *Heterodermia* sp., D) *Ochrolechia* sp., E) *Haematomma* sp. Pictures: RE Pérez-Pérez.

relacionada a la zona en la que se encuentran y a las formas de crecimiento que exhiben (Córdova-Chávez *et al.* 2016, Castillo-Campos *et al.* 2020).

Todo indica que la comunidad líquénica asociada a los bosques de *Quercus* es muy diversa, en este estudio, del total de especies pocas se comparten entre los forófitos,

se tienen especies raras, especies que tuvieron preferencia por algún forófito y/o tipo de bosque, lo que coincide con lo sugerido por Johansson *et al.* (2007), quienes mencionan que la riqueza de especies se correlaciona con la edad del árbol, mientras que la composición de la comunidad líquénica se asocia a la historia del bosque (Lie *et al.* 2009).



**Figura 5.** Bosque de *Quercus* en la localidad del Cerro el Sombrerito y algunos líquenes foliosos. A) Detalle de la corteza de *Quercus glaucooides*, B) Forófito de *Quercus glaucooides*, C) *Leptogium* sp., D) *Heterodermia* sp. Fotografías: R Cerros-Tlatilpa.

*Quercus* forest from Cerro el Sombrerito locality and some foliose lichens. A) Bark detail of *Quercus glaucooides*, B) Forófito de *Quercus glaucooides*, C) *Leptogium* sp., D) *Heterodermia* sp. Pictures: R Cerros-Tlatilpa.

## CONCLUSIONES

El estudio de la diversidad de la comunidad líquénica en dos fragmentos de bosque de *Quercus* permitió reconocer que ambos sitios de muestreo presentan diferente estructura y composición arbórea; la riqueza de líquenes está conformada por 60 especies recolectadas sobre los forófitos, y solo se comparten tres especies entre las dos localidades de muestreo. En el sitio de El Zapote que pertenece a la Reserva de la Biósfera Sierra de Huatla se reporta la presencia de tres forófitos. En el Cerro el Sombrero, que pertenece al Corredor Biológico Chichinautzin, solo se reporta una especie de forófito. Este bosque se puede considerar como un bosque maduro, debido al tamaño de los forófitos y la presencia de líquenes característicos de zonas conservadas como lo son *Leptogium cyanescens* y *L. milligranum*, aunque fue el bosque que tuvo la menor riqueza líquénica. Entre ambos sitios, se reporta un total de 90 especies, algunas de ellas fueron nuevos registros para el estado tales como *Coccocarpia erythroxyli* (Spreng.) Swinscow & Krog y *Parmotrema louisianae* (Hale) Hale para EZ; mientras que *Heterodermia pseudospeciosa* (Kurok.) W.L. Culb. y *Physcia undulata* Moberg para el CS, con esto se da cuenta de la importancia de los muestreos dirigidos y los muestreos oportunistas que permiten documentar la diversidad de la comunidad líquénica de los bosques de *Quercus*, y con ello unir esfuerzos para apoyar en su conservación.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

REPP y RCT desarrollaron la idea, REPP y XSG redactaron el manuscrito, RCT apoyó con material y equipo de laboratorio, así como el material de campo. REPP y RCT corrigieron la versión final de este manuscrito.

## FINANCIAMIENTO

La primera autora agradece la beca # 1004957 otorgada por CONACYT para llevar a cabo sus estudios de Posgrado.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Susana Valencia y al M. en C. Gabriel Flores Franco, por el apoyo en la confirmación de material de *Quercus*. A Juan Carlos Juárez Delgado, Luis Gerardo Ávila Torresagatón, Luis Gil Galván González, Julio Ramírez Juárez y María José Zárate Gutiérrez, por su apoyo en el trabajo de campo. A Carlos García y Alicia Marquina Bahena por las facilidades brindadas en la comunidad del Zapote. A los revisores anónimos que permitieron mejorar este documento.

## REFERENCIAS

Altamirano MM. 2012. Estudio comparativo de la diversidad de macrolíquenes cortícolas a diferentes escalas en tres bosques templados del Corredor Biológico Chichinautzin. Te-

sis Licenciada en Biología. Morelos, México. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 73 p.

- Aragón G, I Martínez, P Hurtado, A Benítez, C Rodríguez, M Prieto. 2019. Using growth forms to predict epiphytic lichen abundance in a wide variety of forest types. *Diversity* 11(4): 51. DOI: <https://doi.org/10.3390/d11040051>
- Belguidoum A, T Lograda, M Ramdani. 2021. Diversity and distribution of epiphytic lichens on *Cedrus atlantica* and *Quercus faginea* in Mount Babor Forest, Algeria. *Biodiversitas* 22(2): 887-899. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220244>
- Benítez A, G Aragón, M Prieto. 2019. Lichen diversity on tree trunks in tropical dry forests is highly influenced by host tree traits. *Biodiversity and Conservation* 28: 2909-2929. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01805-9>
- Bergamini A, C Scheidegger, S Stofer, P Carvalho, S Davey, M Dietrich, F Dubs, E Farkas, U Groner, K Kärkkäinen, C Keller, L Lököš, S Lommi, C Máguas, R Mitchell, P Pinho, VJ Rico, G Aragón, AM Truscott, P Wolseley, A Watt. 2005. Performance of macrolichens and lichen genera as indicators of lichen species richness and composition. *Conservation Biology* 19(4): 1051-1062. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00192.x-i1>
- Brodo IM, S Duran, S Sharnoff. 2001. Lichens of North America. United Kingdom. Yale University Press. 795 p.
- Brodo IM. 2016. Keys to lichens of North America. Revised and expanded. United Kingdom. Yale University Press. 424 p.
- Cáceres MES, R Lücking, G Rambold. 2007. Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycological Progress* 6: 117-136. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11557-007-0532-2>
- Castillo-Campos G, RE Pérez-Pérez, O Córdova-Chávez, JG García-Franco, MES Cáceres. 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): e02459. DOI: <https://doi.org/10.1111/njb.02459>
- Cerros-Tlatilpa R, A Espejo-Serna. 1998. Contribución al estudio florístico de los cerros el sombrero y las mariposas (Zoa-papalotl) en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México. *Polibotánica* 8: 29-46.
- CLH (Consortium of Lichen Herbaria). Building a Global Consortium of Bryophytes and Lichens as keystones of cryptobiotic communities. Consultado 04 jul. 2022. Disponible en <https://lichenportal.org/portal/index.php>
- Córdova-Chávez O, G Castillo-Campos, RE Pérez-Pérez, JG García-Franco, MES Cáceres. 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. DOI: <https://doi.org/10.7872/crym/v37.iss2.2016.193>
- Dorado O, B Maldonado, DM Arias, SV Ramírez, E Leyva, D Valenzuela. 2005. Programa de conservación y manejo de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huatla México. DF, México. Dirección General de Manejo para la Conservación (CONANP). 204 p.
- Eide G, D Stone, L Calabria, J Villella. 2014. Lichen communities on oak (*Quercus garryana*) in Washington. *Journal for the Washington Native Plant Society* 38: 15-19.

- Esslinger TL, RE Pérez-Pérez. 2010. The lichen genus *Melanohalea* in Mexico, including a new endemic species. *Bibliotheca Lichenologica* 105: 239-245.
- Faltynowicz W, A Kowalewska, H Faltynowicz, A Piegdoń, K Patejuk, P Górski, M Halama, M Staniaszek-Kik. 2018. Epiphytic lichens of *Quercus robur* in Wigry National Park (Ne Poland). *Steciana* 22(1): 19-27. DOI: [10.12657/steciana.022.002](https://doi.org/10.12657/steciana.022.002)
- FAO, UNEP. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations Environmental Programme). 2020. The state of the world's forests 2020. Forests, biodiversity and people. Roma, Italia. 214 p. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
- Figuroa-Castro DM, RE Pérez-Pérez. 2022. Leaf position and leaf area effects on the diversity of foliicolous lichens associated with *Stenanona flagelliflora* (Annonaceae). *Applied Ecology and Environmental Research* 20(4): 3057-3072. DOI: [http://dx.doi.org/10.15666/aecer/2004\\_30573072](http://dx.doi.org/10.15666/aecer/2004_30573072)
- Herrera-Campos MA, R Lücking, RE Pérez-Pérez, R Miranda-González, N Sánchez, A Barcenás-Peña, A Carrizosa, A Zambrano, BD Ryan, TH Nash III. 2014. Biodiversidad de líquenes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 82-99. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.37003>
- Herrera-Campos MA, RE Pérez-Pérez, TH Nash III. 2016. Lichens of Mexico. The Parmeliaceae – Keys, distribution and specimen descriptions. *Bibliotheca Lichenologica* 110. 723p.
- Johansson P, H Rydin, G Thor. 2007. Tree age relationships with epiphytic lichen diversity and lichen life history traits on ash in southern Sweden. *Ecoscience* 14(1): 81-91. DOI: [https://doi.org/10.2980/1195-6860\(2007\)14\[81:TARWEL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2980/1195-6860(2007)14[81:TARWEL]2.0.CO;2)
- Johansson V, KO Bergman, H Lättman, P Milberg. 2009. Tree and site quality preferences of six epiphytic lichens growing on oaks in Southeastern Sweden. *Annales Botanici Fennici* 46(6): 496-506. DOI : <http://dx.doi.org/10.5735/085.046.0602>
- Johansson V, T Snäll, P Johansson, T Ranius. 2010. Detection probability and abundance estimation of epiphytic lichens based on height-limited surveys. *Journal of Vegetation Science* 21(2): 332-341. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01146.x>
- Jørgensen PM, TH Nash III. 2004. *Leptogium*. In Nash III TH, BD Ryan, P Diederich, C Gries, F Bungartz eds. Lichen flora of the greater Sonoran Desert region. Tempe, Arizona. Arizona State University. p. 330-350.
- Jüriado I, E Leppik, P Lõhmus, T Randlane, J Liira. 2015. Epiphytic lichens on *Juniperus communis* – an unexplored component of biodiversity in threatened alvar grassland. *Nordic Journal of Botany* 33(2): 128-139. DOI: <https://doi.org/10.1111/njb.00650>
- Kashiwadani H, TH Nash III. 2004. *Ramalina*. In Nash III TH, BD Ryan, P Diederich, C Gries, F Bungartz eds. Lichen flora of the greater Sonoran Desert region. Tempe, Arizona. Arizona State University. p. 440-455.
- Kitaura MJ, MP Marcelli, BR da Hora, P Jungbluth. 2015. *Leptogium denticulatum* (Collembataceae, lichenized Ascomycota) and some morphologically related species. *The Bryologist* 118(1): 11-21. DOI: <https://doi.org/10.1639/0007-2745-118.1.011>
- Kubiak D. 2006. Lichens of red oak *Quercus rubra* in the forest environment in the Olsztyn Lake District (NE Poland). *Acta Mycologica* 41(2): 319-328. DOI: <https://doi.org/10.5586/am.2006.033>
- León-González D, RE Pérez-Pérez. 2020. Líquenes epífitos en *Juniperus flaccida* Schltdl. (Cupressaceae) – componente importante de los bosques templados de Oaxaca, México. *Acta Biológica Colombiana* 25(2): 235-245. DOI: <https://doi.org/10.15446/abc.v25n2.77238>
- Lie MH, U Arup, JA Grytnes, M Ohlson. 2009. The importance of host tree age, size and growth rate as determinants of epiphytic lichen diversity in boreal spruce forests. *Biodiversity and Conservation* 18: 3579-3596. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9661-z>
- Loppi S, L Frati. 2004. Influence of tree substrate on the diversity of epiphytic lichens: comparison between *Tilia platyphyllos* and *Quercus ilex* (Central Italy). *The Bryologist* 107(3): 340-344. DOI: [http://dx.doi.org/10.1639/0007-2745\(2004\)107\[0340:IOTSOT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1639/0007-2745(2004)107[0340:IOTSOT]2.0.CO;2)
- Martínez-Meléndez N, N Ramírez-Marcial, JG García-Franco, MJ Cach-Pérez, P Martínez-Zurimendi. 2022. Importance of *Quercus* spp. for diversity and biomass of vascular epiphytes in a managed pine-oak forest in Southern Mexico. *Forest Ecosystems* 9: 100034. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2022.100034>
- McCune B, JB Grace. 2002. Analysis of ecological communities. Gleneden Beach, OR: MJM Software Design. 300 p.
- McCune B, MJ Mefford. 2018. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, [Programa estadístico] Version 7.07. Corvallis, Oregon, U.S.A. Wild Blueberry Media, LLC.
- Mongkolsuk P, S Meesim, V Poengsungnoen, K Buaruang, F Schumm, K Kalb. 2015. The lichen family Physciaceae in Thailand-II. Contributions to the genus *Heterodermia* sensu lato. *Phytotaxa* 235(1): 1-66. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.235.1.1>
- Oran S, S Öztürk. 2012. Epiphytic lichen diversity on *Quercus cerris* and *Q. frainetto* in the Marmara region (Turkey). *Turkish Journal of Botany* 36(2): 175-190. DOI: <https://doi.org/10.3906/bot-1003-18>
- Pérez-Pérez RE, H Quiroz-Castelán, MA Herrera-Campos, R García-Barrios. 2011. Scale-dependent effects of management on the richness and composition of corticolous macrolichens in pine-oak forests of Sierra de Juárez, Mexico. *Bibliotheca Lichenologica* 106: 243-258.
- Pérez-Pérez RE, G Castillo-Campos, MES Cáceres. 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. DOI: <https://doi.org/10.7872/crym.v36.iss1.2015.79>
- Pérez-Pérez RE. 2020. Hongos liquenizados (líquenes). In CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) ed. La Biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. I. México. p. 323-331.
- Pike LH. 1978. The importance of epiphytic lichens in mineral cycling. *The Bryologist* 81(2): 247-257. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/3242186>
- Rendón A, F Dorantes, S Mejía, L Alamilla. 2021. Características macroscópicas, propiedades y usos de la madera de especies nativas y exóticas en México. CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). México. 4436 p.
- Robert V, G Stegehuis, J Stalpers. 2005. The MycoBank engine and related databases. Consultado 07 jul. 2022. Disponible en <https://www.mycobank.org/page/Home>

- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). México. Edición digital. 504 p.
- Simijaca D, G Ocampo, J Escoto-Moreno, RE Pérez-Pérez. 2023. Lichen community assemblages and functional traits as indicators of vegetation types in central Mexico, based on herbarium specimens. *Cryptogamie, Mycologie* 44(6): 83-102. DOI: <https://doi.org/10.5252/cryptogamie-mycologie2023v44a6>
- Staiger B, K Kalb, BD Ryan. 2004. *Haematomma*. In Nash III TH, BD Ryan, P Diederich, C Gries, F Bungartz eds. Lichen flora of the greater Sonoran Desert region. Tempe, Arizona. Arizona State University. p. 128-132.
- Staiger B, K Kalb. 2004. *Phaeographis*. In Nash III TH, BD Ryan, P Diederich, C Gries, F Bungartz eds. Lichen flora of the greater Sonoran Desert region. Tempe, Arizona. Arizona State University. p. 402-403.
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system) [Programa estadístico]. Versión 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Uliczka H, P Angelstam. 2000. Assessing conservation values of forest stands based on specialized lichens and birds. *Biological Conservation* 95(3): 343-351. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00022-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00022-7)
- Valencia-Avalos S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.17129/botsoci.1692>

Recibido: 23/01/23  
Aceptado: 27/08/23