

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

UN RECORRIDO  
DESDE **LA PALEONTOLOGÍA**  
HASTA **LA BIOTECNOLOGÍA**  
EN EL DESIERTO



Martha Patricia Olivas Sánchez  
Sandra Pérez Álvarez  
María de Jesús Viloría Beltrán  
**(coordinadoras)**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Juan Ignacio Camargo Nassar

*Rector*

Daniel Constandse Cortez

*Secretario General*

Salvador David Nava Martínez

*Director del Instituto de Ciencias Biomédicas*

Jesús Meza Vega

*Director General de Comunicación Universitaria*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

UN RECORRIDO  
DESDE **LA PALEONTOLOGÍA**  
HASTA **LA BIOTECNOLOGÍA**  
EN EL DESIERTO

Martha Patricia Olivas Sánchez  
Sandra Pérez Álvarez  
María de Jesús Vilorio Beltrán  
**(coordinadoras)**

DR © Martha Patricia Olivas Sánchez, Sandra Pérez Álvarez y María de Jesús Viloria Beltrán (por coordinación)

© Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
Avenida Plutarco Elías Calles 1210  
Fovissste Chamizal, C. P. 32310  
Ciudad Juárez, Chihuahua, México  
Tels. +52 (656) 688 2100 al 09

Un recorrido desde la paleontología hasta la biotecnología en el desierto / Martha Patricia Olivas Sánchez, Sandra Pérez Álvarez, María de Jesús Viloria Beltrán (Coordinadoras).— Primera edición. — Ciudad Juárez, Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2023.— 186 páginas; 22 centímetros.

ISBN: 978-607-520-457-4

Contenido: Presentación.—Estructura del libro.—Sección de paleontología.— Registro sistemático de un contexto paleontológico con huellas de dinosaurio: el sitio Las Águilas, General Cepeda, Coahuila / José Antonio Reyes Solís, Felisa Josefina Aguilar Arellano.— Los pastizales: un viaje del Pleistoceno a la actualidad / Iván E. Sánchez-Urbe, Héctor E. Rivera-Sylva, José Rubén Guzmán-Gutiérrez.— Entendiendo los procesos ecológicos y evolutivos de la biodiversidad en la península de Baja California: una aproximación genética.— Presencia de cánidos en contextos arqueológicos en el norte de Sonora/ Carlos Cruz Guzmán, Silvia Ivet Nava Maldonado.— Sección biología / Martha Patricia Olivas Sánchez.— Escarificación y multiplicación in vitro del huizache / Crescencio Urías García, Sandra Pérez Álvarez, Lorena Patricia Licón Trillo, César Octavio Licón Trillo.— Potencial de distribución espacial en Chihuahua del goji americano (*Lycium berlandieri*) y sus propiedades nutricionales / Martha Patricia Oliva Sánchez, Claudia Martínez Vázquez, Edgar Palacios Quiñonez, José Daniel Carrera Muñoz, Miroslava Quiñonez Martínez, Cuauhchuatl Vital García, Pablo Antonio Lavín Murcio, Irma Delia Enríquez Anchondo, Laura Aldama Meza, Raymundo Rivas Cáceres.— Extracción de cera candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc) de alta calidad en Coahuila, México / David Jonathan Lara Reimers, Eduardo Pacheco Rodríguez, Diana Uresti Durán.— Uso del propóleo como conservador de alimentos / Nubia Morales, Gissel Méndez-Ramírez, Luis Carrera, Rubén Herrera y Cairo, María Viloria.

Paleontología – Zonas áridas Norte de México  
Arqueología – Zonas áridas Norte de México  
Recursos bióticos – Zonas áridas Norte de México  
Aprovechamiento biotecnológico – Zonas áridas Norte de México

LC – GB618.16 U57 2023

La edición, diseño y producción editorial de este documento estuvieron a cargo de la Dirección General de Comunicación Universitaria, a través de la Subdirección de Editorial y Publicaciones.

Coordinación editorial:

Mayola Renova González

Cuidado editorial:

Subdirección de Editorial y Publicaciones

Diseño de portada y diagramación:

Karla María Rascón

Imagen de portada:

Modificada de Pavel Galván, Paleoart and & Scientific illustration



Primera edición, 2023

Disponible en: [elibros@uacj.mx](mailto:elibros@uacj.mx)

## Índice

Presentación.....	7
Estructura del libro.....	8

### Sección de paleontología

María de Jesús Viloria Beltrán.....	11
-------------------------------------	----

### CAPÍTULO 1

Registro sistemático de un contexto paleontológico con huellas de dinosaurio: el sitio Las Águilas, General Cepeda, Coahuila

José Antonio Reyes Solís, Felisa Josefina Aguilar Arellano .....	13
--	----

### CAPÍTULO 2

Los pastizales: un viaje del Pleistoceno a la actualidad

Iván E. Sánchez-Urbe, Héctor E. Rivera-Sylva, José Rubén Guzmán-Gutiérrez ..	43
--	----

### CAPÍTULO 3

Entendiendo los procesos ecológicos y evolutivos de la biodiversidad en la península de Baja California: una aproximación genética

Francisco Javier García-de León .....	61
---------------------------------------	----

### CAPÍTULO 4

Presencia de cánidos en contextos arqueológicos en el norte de Sonora

Carlos Cruz Guzmán, Silvia Ivet Nava Maldonado.....	83
---	----

## Sección de biología

Martha Patricia Olivas Sánchez ..... 97

### CAPÍTULO 5

Ecología de *Echinocactus horizontalonius* (Cactaceae) dentro de la sierra Presidio, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

José Valero-Galván, José María Arguijo-Núñez, Raquel González-Fernández.... 99

### CAPÍTULO 6

Ascolíquenes de las comunidades vegetales del área natural protegida Médanos de Samalayuca, municipio de Juárez, Chihuahua

Rocío Alejandra Zúñiga González, Irma Delia Enríquez Anchondo, Martha Patricia Olivas Sánchez, Miroslava Quiñónez Martínez ..... 113

## Sección de biotecnología

Sandra Pérez Álvarez ..... 131

### CAPÍTULO 7

Escarificación y multiplicación *in vitro* del huizache

Crescencio Urías García, Sandra Pérez Álvarez, Lorena Patricia Licón Trillo, César Octavio Licón Trillo ..... 133

### CAPÍTULO 8

Potencial de distribución espacial en Chihuahua del goji americano (*Lycium berlandieri*) y sus propiedades nutricionales

Martha Patricia Olivas Sánchez, Claudia Martínez Vázquez, Edgar Palacios Quiñonez, José Daniel Carrera Muñoz, Miroslava Quiñónez Martínez, Cuauhcihuatl Vital García, Pablo Antonio Lavín Murcio, Irma Delia Enríquez Anchondo, Lauro Aldama Meza, Raymundo Rivas Cáceres ..... 149

### CAPÍTULO 9

Extracción de cera de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) de alta calidad en Coahuila, México

David Jonathan Lara Reimers, Eduardo Pacheco Rodríguez, Diana Uresti Durán ..... 159

### CAPÍTULO 10

Uso del propóleo como conservador de alimentos

Nubia Morales, Gissel Méndez-Ramírez, Luis Carrera, Rubén Herrera y Cairo, María Vilorio ..... 175

## Presentación

**D**urante milenios los desiertos del norte de México (península californiana, desierto de Sonora y gran Desierto Chihuahuense) han albergado diversas culturas y formas de vida que han dejado rastros de su existencia, arqueológicos y paleontológicos, y aún siguen siendo sustento y hábitat de grupos humanos, de animales y plantas que se han adaptado a las condiciones de escasez de agua, alta velocidad del viento, aridez y temperaturas extremas, características de las zonas áridas. En este panorama, los desiertos norteños trascienden como regiones prioritarias para su restauración y conservación, en los cuales se realizan proyectos particulares que tienen como objeto de estudio a los organismos de épocas pasadas y el estado actual ambiental y ecológico de la vida que en él habita, sumando una visión del aprovechamiento de los recursos.

El presente libro es un esfuerzo conjunto de investigadores que han concentrado su atención en el conocimiento científico de la paleontología, arqueología, biología y biotecnología del Desierto Chihuahuense, del desierto de Sonora, así como del Desierto de la península de Baja California. Los trabajos aquí presentados son resultado de investigaciones en estas áreas de estudio, algunas de las cuales fueron compartidas en el IV Coloquio Internacional de las Culturas del Desierto en otoño del año 2020, evento reconocido y apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), organizado por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y los participantes en la Red Multidisciplinaria de Estudios del Desierto.

## Estructura del libro

Esta obra está estructurada en tres secciones: sección de paleontología y arqueología, sección de biología y sección de biotecnología, todas conformadas por capítulos que buscan reflejar una muestra del estado del arte sobre los estudios de las formas de vida en las zonas áridas del norte mexicano, en un tiempo muy lejano y el en tiempo actual. El propósito de esta obra tiene como hilo conductor brindar un recorrido desde la paleontología y arqueología, seguido de un análisis del estado actual de algunos recursos bióticos del desierto, hasta su aprovechamiento biotecnológico.

La primera sección del libro tiene cuatro capítulos sobre investigaciones paleontológicas y arqueológicas realizadas en los estados de Coahuila, Sonora, Baja California y Chihuahua. El orden de aparición de los capítulos en esta sección es con base en una cronología paleontológica. El capítulo 1 es un estudio sobre huellas de dinosaurio del sitio Las Águilas, en General Cepeda, Coahuila. El trabajo se realizó en un área del noreste del Desierto Chihuahuense, conocido y distinguido por la diversidad de megafauna que se ha encontrado en este sitio. Se aporta una valiosa descripción sobre técnicas empleadas en arqueología, relacionadas con la intervención y registro sistemático de sitios arqueológicos que pueden aplicarse en contextos paleontológicos, en este caso, con huellas. El capítulo 2 es una investigación retrospectiva sobre el papel de los pastizales en el Pleistoceno en el Desierto Chihuahuense, en relación con el sostenimiento de especies y la cadena alimenticia de la megafauna mexicana. El capítulo 3 presenta un estudio sobre los procesos ecológicos y evolutivos de la biodiversidad del Desierto de la península de Baja California, basándose en la investigación genética. En este trabajo se pudieron establecer patrones filogeográficos de taxones observados y se determinó que esto es respuesta a algunas explicaciones alternativas.

En el contexto arqueológico se incluyó el capítulo 4, que expone los resultados de investigaciones de excavaciones en el noroeste del desierto de Sonora, con identificación de la presencia de cánidos en diferentes contextos arqueológicos.

La segunda sección versa acerca de investigaciones realizadas en el campo de la biología. La conforman dos capítulos de estudios realizados en el estado de Chihuahua, en el área de Samalayuca. El capítulo 5 es un trabajo sobre la ecología del cactus *Echinocactus horizonthalonius* en la sierra Presidio, que muestra datos sobre la estructura y densidad de las poblaciones de esta especie, así como análisis morfométricos e índices de germinación. El capítulo 6 es un estudio de distribución poblacional de ascolíquenes, realizado en el área natural protegida Médanos de Samalayuca, que describe el hábitat y ubicaciones de 18 especies de ascolíquenes.

La tercera sección comprende cuatro capítulos, los cuales muestran a la biotecnología como una herramienta para el aprovechamiento de los recursos del desierto con resultados satisfactorios. El capítulo 7 es un estudio sobre multiplicación *in vitro* del huizache, que describe diferentes tratamientos de escarificación, teniendo como parámetro métrico la geminación *in vitro*. El capítulo 8 describe una serie de investigaciones sobre la planta *Lycium berlandieri* con el propósito de evaluar el uso potencial del fruto con el fin de elaborar alimentos funcionales y suplementos alimenticios. Además, en este capítulo se muestra la posibilidad de distribución espacial de la especie en zonas de matorral desértico del estado de Chihuahua, cercanas a afluentes acuíferas. El capítulo 9 establece un método de extracción de cera de la planta la candelilla proveniente de Coahuila. En este trabajo se evaluaron diversos factores de aprovechamiento y extracción de la cera, desde la recolección de las plantas maduras hasta el proceso de extracción del cerote, con alternativas ambientales más amigables, que proveen mejores condiciones laborales a los trabajadores de la candelilla. El capítulo 10 es un estudio experimental sobre el propóleo de mezquite del noroeste de Chihuahua, del cual se ha encontrado que puede ser útil como conservador de alimentos elaborados con cereales, lo que representa una alternativa natural al benzoato de sodio.

Esta publicación está dirigida a un público especializado en tres grandes disciplinas: la paleontología, la biología y la biotecnología, y tiene un lenguaje accesible y con un enfoque hacia el aprovechamiento sustentable del Desierto Chihuahuense. También tiene potencial didáctico para estudiantes de pregrado y posgrado, por la descripción de los métodos y conceptos que son compartidos en los capítulos.

Esta obra se considera una compilación única en su género, pues acorde con la visión de la Red Multidisciplinaria de Estudios del Desierto, en ella se reúnen trabajos realizados en tres desiertos del norte de México (península californiana, desierto de Sonora y Desierto Chihuahuense), por investigadores de diversas instituciones de investigación científica y tecnológica como son el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), el Museo del Desierto Chihuahuense (MUDECH), el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR); el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Además, esta investigación pretende hacer una aportación al estado de la cuestión sobre estos objetos de estudio, y al mismo tiempo, compartir estos resultados de investigaciones a la mirada de otras disciplinas, de manera que se contribuya a la construcción de un panorama multidisciplinario de los desiertos del norte de México.

*Martha Patricia Olivas Sánchez*

## Sección de paleontología

**T**radicionalmente al desierto se le ha relacionado con la escasez de seres vivos debido a la falta de agua, sin embargo, desde tiempos remotos una gran diversidad de organismos se ha adaptado a estas condiciones. En concordancia, la primera parte de este libro se enfoca en investigaciones paleontológicas que dan un panorama de la vida en el desierto desde hace millones de años.

El primer capítulo se centra en el sitio paleontológico Las Águilas, en el estado de Coahuila, donde los autores explican primero la importancia de los estudios paleontológicos con procedimientos adecuados que no destruyan el entorno original, y luego las medidas que se han tomado para preservar ese sitio en el que se han encontrado interesantes huellas de dinosaurios y de fósiles; con lo que se madura una propuesta que permita convertir la zona en un destino turístico, con previo registro en el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Los autores del segundo capítulo transportan al lector desde la caída del meteorito que provocó la extinción de los dinosaurios, hasta la actualidad. Ellos presentan una descripción de fósiles de mamíferos en los pastizales del Desierto de Chihuahua, haciendo énfasis en especies que pudieron adaptarse y sobrevivir a la última era glacial, como el bisonte y el perrito de la pradera.

En el tercer capítulo se hace una retrospectiva de los desiertos de la península de Baja California, con evaluaciones genéticas de organismos presentes en la actualidad como estrategia para estudiar el pasado, por ejemplo, cómo se originó la biodiversidad de esta zona y cuál ha sido su evolución, asociándolos a los cambios geológicos importantes como la formación del Golfo de California. El autor propone que es importante conocer la naturaleza para poder conservarla y usarla de forma sostenible.

## CAPÍTULO 6

### Ascolíquenes de las comunidades vegetales del área natural protegida Médanos de Samalayuca, municipio de Juárez, Chihuahua

*Rocío Alejandra Zúñiga González  
Irma Delia Enríquez Anchondo  
Martha Patricia Olivas Sánchez  
Miroslava Quiñónez Martínez<sup>2</sup>*

#### Introducción

Los líquenes forman una estructura compleja como resultado de una asociación simbiótica entre un hongo (reino Fungi) y un organismo fotosintético, como un alga (reino Protista) o una cianobacteria (reino Monera). El resultado de esta asociación es muy distinto a la apariencia independiente de estos organismos (Chaparro-de Valencia y Aguirre-Ceballos, 2002), ya que su compleja sociedad los dota de un alto grado de organización y caracteres morfofisiológicos peculiares (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente [ANPA], 2001). Esa asociación propicia en los organismos la capacidad de habitar diversos entornos, sean desérticos, tropicales o fríos y los lleva a ocupar alrededor del 12% de los ecosistemas terrestres (Kirk et al., 2008).

<sup>1</sup> Las cuatro autoras de este capítulo están adscritas al Departamento de Ciencias Químico Biológicas, en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Municipio de Juárez, Chihuahua, México, C. P. 32310.

<sup>2</sup> Autor de correspondencia: mquinone@uacj.mx

El estado de Chihuahua es rico en especies de hongos y líquenes debido a la gran diversidad de tipos de vegetación; sin embargo, la mayoría de los estudios de riqueza de especies sobre líquenes se han realizado en ecosistemas de bosques. En el municipio de Juárez y sus alrededores el estudio de líquenes es escaso, pero en el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Médanos de Samalayuca, ubicada en dicho municipio y que forma parte del Desierto Chihuahuense, se ha encontrado evidencia del desarrollo de estos organismos. El presente estudio, que va dirigido a la comunidad estudiantil y científica, presenta una contribución de la riqueza de ascolíquenes en algunas comunidades vegetales de esta área protegida.

### Antecedentes

La gran mayoría de las especies de líquenes conocidas para México son ascolíquenes, que cuentan con 2,829 especies (Herrera-Campos et al., 2014). Los estados con más especies conocidas son Baja California y Veracruz, seguidos por Chihuahua, Baja California Sur y Sonora, con más de 500 especies cada uno. En Chihuahua, las familias de líquenes más representativas son *Parmeliaceae*, *Lecanoraceae*, *Physciaceae* y *Collemataceae* (Chacón-Ramos et al., 2014; Brodo et al., 2001).

La estructura compleja de los líquenes, también llamada talo, está determinada por el hongo y el organismo fotosintético (Will-Wolf et al., 2011). Los líquenes poseen una variedad de estructuras vegetativas, formas de crecimiento, reproducción y biotipos; por tanto, la morfología externa e interna puede ser diferente, respondiendo a las condiciones o factores ambientales y a la misma simbiosis (Barreno-Rodríguez y Pérez-Ortega, 2003). Ecológicamente, se caracterizan por su capacidad de colonizar la roca desnuda y ser formadores de suelo junto con otros organismos, constituyendo lo que se conoce como costras biológicas (Castillo-Monroy y Benítez, 2015; Belnap y Gillette, 1998). Igualmente, favorecen en la prevención de la desertificación y restauración del suelo erosionado. (Shepherd et al., 2002).

Los líquenes son productores primarios, ya que conforman parte de la dieta de algunos animales (Seaward, 2008; Barreno-Rodríguez y Pérez-Ortega, 2003); asimismo, son sitio de hábitat y refugio para invertebrados y utilizados por aves para anidación y camuflaje (Nash III, 2008; Brodo et al., 2001). Además, poseen la capacidad de bioacumulación de elementos como nitrógeno, fósforo y azufre e incluso contaminantes orgánicos y metálicos (Boonpeng et al., 2017).

Económicamente, se han usado como fuente de alimento para ciertos animales y el hombre; también en la industria química para la obtención de colorantes, aceites esenciales y perfumes (Chaparro-de Valencia y Aguirre-Ceballos, 2002); de igual forma, se han utilizado ampliamente en la industria química como fuente de tintes y colorantes, para la elaboración de perfumes y en la medicina tradicional o terapéutica debido a la amplia gama de metabolitos secundarios que poseen (Rather et al., 2018; Devkota et al., 2017; Illana-Esteban, 2012; Barreno-Rodríguez y Pérez-Ortega, 2003; Brodo et al., 2001).

### Materiales y métodos

El APFF Médanos de Samalayuca se localiza en los municipios de Juárez y Guadalupe, atravesada por la Carretera Federal 45 y el Ferrocarril México-Ciudad Juárez. Se encuentran parte de los ejidos Ojo de la Casa, Villa Luz, Samalayuca y El Vergel. En esta área convergen ecosistemas desérticos complejos con características similares, comportamiento climático y tipos de suelos que determinan aptitudes de manejo y explotación (Comisión Nacional de Áreas Protegidas [Conanp] y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2013). La clasificación según Köppen es BWKx' (e'), que por su grado de humedad pertenece a climas secos o áridos, por su temperatura a templados y por su régimen de lluvias a intermedio. De acuerdo con la clasificación propuesta por Miranda y Hernández (1963), la vegetación predominante es: matorral inerme parvifolio, matorral de médanos subinerme, pastizal amacollado abierto, pastizal inducido y matorral de médanos.

En esta área se seleccionaron tres zonas (figura 1): la sierra Samalayuca (SS), el ejido Villa Luz (EVL) y los Médanos (M). La sierra Samalayuca, con las coordenadas 31°18'48.9" N – 106°30'44.5" W, está constituida por la vegetación micrófila subinerme, con matorrales de tipo micrófilo semiespinoso (Conanp y Semarnat, 2013). El ejido Villa Luz se localiza en las coordenadas 31°17'47.4" N – 106°21'22.6" W y está constituido por el matorral de médanos subinerme (Miranda y Hernández, 1963; Conanp y Semarnat, 2013). Los Médanos, con las coordenadas 31°17'16.6" N – 106°23'59.0" W, está constituido por el matorral de médanos (Conanp y Semarnat, 2013).



Se realizaron las tomas de muestras en los años 2016 y 2017 en estos sitios y se aplicó un muestreo dirigido. Cada especie diferente se colectó, se guardaron en bolsas de cartón y fueron trasladadas al laboratorio de Biodiversidad de la UACJ. Esta investigación es de tipo retrospectiva, por lo que se tomaron en cuenta las especies que fueron colectadas de 2009 a 2015, mismas que se habían resguardado en el laboratorio mencionado.

Cada especie se caracterizó de acuerdo con su morfología externa e interna, y se identificó con ayuda de la literatura especializada (Brodo et al., 2001; Nash III et al., 2002; Nash III et al., 2007) así como con la ayuda de claves dicotómicas de Barreno Rodríguez y Pérez Ortega (2003). El nombre científico y la taxonomía de cada especie se consultaron en Consortium of North American Lichen Herbaria (2018), Index Fungorum Partnership (2018) y Global Biodiversity Information Facility (2018).

## Resultados y discusiones

En este estudio se muestran las 18 especies registradas en las zonas áridas de Médanos de Samalayuca, identificadas dentro del reino Fungi, phyla Ascomycota, distribuidos en tres clases, tres subclases, ocho órdenes, diez familias y doce géneros, las cuales se describen a continuación, así como su distribución y hábitat.

### Afin *Acarospora* sp. (figura 2)

Distribución y hábitat: su distribución es cosmopolita pero común en hábitats áridos abiertos. Se encuentra sobre suelo, rocas ácidas o básicas u otros líquenes (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad del matorral de médanos.

Características morfológicas: talo crustáceo, verrucoso, areolado, escumoso o placode. Superficie superior marrón pálido a medio, o negruzca o amarillo; opaca o brillante, lisa a rugosa. Areolas semiredondas a irregulares. Apotecio de tipo lecanorino, uno o más por areola, inmerso en el talo. Disco usualmente redondo, negro o marrón a rojo o amarillo (Brodo et al., 2001).



### Afin *Acarospora contigua* (figura 3)

Distribución y hábitat: se distribuye al oeste de Norteamérica. Se encuentra principalmente en rocas ácidas, localizadas en los 500 a 3,350 metros de elevación (Brodo, et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinermes.

Características morfológicas: talo rimoso-areolado. Superficie superior amarilla, plana, suave y opaca. Presenta areolas angulares, con apotecios inmersos, de uno o más por areola. Apotecio de tipo lecanorino, con disco negruzco a marrón rojizo, cóncavo a plano, redondo a irregular (Brodo et al., 2001).

**Figura 4.** *Acarospora strigata*



**Figura 5.** *Buellia spuria*



Fuente: Elaboración propia.

#### *Afin Acarospora strigata* (figura 4)

Distribución y hábitat: Cosmopolita, común en Arizona, sureste de California, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua y Sonora. Se encuentra en piedra caliza o granito (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinermes.

Características morfológicas: talo areolado a verruculoso, a veces forma áreas rimosas areoladas y en ocasiones es escuamuloso. Superficie superior marrón con algunos tintes negruzcos, blancos o gris azulado. Tiene areolas redondas a irregulares. Presenta un apotecio de tipo lecanorino (Brodo et al., 2001).

#### *Afin Buellia spuria* (figura 5)

Distribución y hábitat: común y ampliamente distribuido en el hemisferio norte. Se localiza sobre roca silíceas, típicamente en hábitats montañosos (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinermes.

Características morfológicas: talo crustáceo, areolado. Superficie superior usualmente blanca a gris blanquecino, raramente gris oscuro. Delgado a moderadamente engrosado, se desarrolla en areolas. Presenta apotecio de tipo lecideino, inmerso a adnado, raramente sésil, con margen negro o grisáceo y delgado (Brodo et al., 2001).

Algunas especies de este género se han utilizado como un indicador de sustratos con altos niveles de calcio (Belnap et al., 2001).

#### *Afin Caloplaca sp.* (figura 6)

Distribución y hábitat: organismo cosmopolita, abundante en hábitats áridos (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinermes.

Características morfológicas: talo pequeño, crustáceo, areolado, escuamuloso, subfruticoso, inmerso o leproso. La superficie puede ser color naranja, rojo, amarillo, gris a blanco, marrón o negro; y es verrucosa a pruinosa, a veces suave. Presenta apotecio inmerso, de tipo lecanorino o lecideino. El disco puede tener tonos naranja o rojo, amarillo, gris, marrón o negro, y ser plano, convexo o cóncavo (Brodo et al., 2001).

**Figura 6.** *Caloplaca sp.*



**Figura 7.** *Caloplaca trachyphylla*



Fuente: Elaboración propia.

#### *Afin Caloplaca trachyphylla* (figura 7)

Distribución y hábitat: se localiza en Europa, Norteamérica y el norte de Asia. Se encuentra en rocas no calcáreas o calcáreas (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se halló en la comunidad de vegetación micrófila subinermes.

Características morfológicas: talo crustáceo, superficie superior naranja, presenta apotecio adnado, de tipo lecanorino, con margen no visible (Brodo et al., 2001).

### Afin *Catapyrenium* sp. (figura 8)

Distribución y hábitat: es cosmopolita, principalmente en microclimas áridos, semi-áridos o en regiones árticas-alpinas. Se encuentra sobre suelo, dentrito, musgos y cortezas (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinermes.

Características morfológicas: talo escuamuloso o rosulado. Superficie superior marrón a grisácea, opaca y ligeramente lisa, con márgenes negros. Está adherido por rizinas al sustrato. Tiene escuámulos dispersos, redondos, continuos o imbricados. Estructura reproductiva: peritecio laminal, inmerso, subgloboso a piriforme (Brodo et al., 2001).



### Afin *Cliostomum* sp. (figura 9)

Distribución y hábitat: se localiza distribuido en regiones templadas y subtropicales. Se ubica sobre corteza y a veces sobre roca (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinermes y en matorral de médanos.

Características morfológicas: talo ligeramente crustáceo, a veces granuloso, areolado o rimoso. Superficie color negra a grisácea. Estructura reproductiva: apotecio, de tipo lecanorino, color negro. Presenta disco usualmente negro, o de color marrón pálido a marrón (Brodo et al., 2001).

Las especies que pertenecen a este género se han utilizado en estudios ecológicos, principalmente en bosques, para estimar la calidad del hábitat (Lättman et al., 2009).

### Afin *Dirinaria* picta (figura 10)

Distribución y hábitat: se ubica en regiones tropicales de ambos hemisferios, sobre corteza y madera (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinermes.

Características morfológicas: talo folioso y lobulado. Color gris, gris azulado o a veces blanco. Presenta abundantes soredios o pseudocifelas. Lóbulos radiales, planos o convexos. Estructura reproductiva: rara vez presenta apotecios; cuando los presenta, son laminares y de tipo lecanorino (Brodo et al., 2001).



### Afin *Endocarpon* sp. (figura 11)

Distribución y hábitat: su distribución es cosmopolita, principalmente en climas templados. Se encuentra sobre suelo, dentrito, musgos y rocas, raramente sobre corteza (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se localizó en la comunidad de vegetación micrófila subinermes.

Características morfológicas: talo escuamuloso a subfolioso. Superficie superior color marrón, suave a rugulosa. Escuámulos continuos, de planos a cóncavos o convexos. Está adheridos al sustrato por rizinas o rizohifas. Estructura reproductiva: peritecio laminal, inmerso, piriforme a subgloboso (Brodo et al., 2001).

Especies de este género se utilizan como indicadores ecológicos, ya que influyen en los ciclos hidrológicos, incluida la porosidad del suelo, la textura y la retención de agua (Pando-Moreno et al., 2017).

### Afín *Flavopunctelia* sp. (figura 12)

Distribución y hábitat: su distribución predomina en climas templados o en montañas altas de regiones tropicales. Se encuentra sobre ciertas especies de angiospermas y coníferas, así como en rocas (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinerm.

Características morfológicas: talo folioso y lobulado. Superficie color amarillo pardo, y de verdoso a verde amarillento. Lóbulos sin cilios y redondeados. Estructura reproductiva: raramente presenta. Puede tener apotecio de tipo lecanorino (Brodo et al., 2001).

Se han realizado extractos de especies de este género, los cuales presentaron actividad antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* y *Klebsiella pneumoniae* (Rodríguez et al., 2015).



### Afín *Peltula obscurans* (figura 13)

Distribución y hábitat: se ubica al sur de Europa, en Sudamérica, Norteamérica, África, Asia, Australia y Nueva Guinea. Se encuentra sobre rocas y suelo en desiertos y otros hábitats abiertos y áridos (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinerm.

Características morfológicas: talo areolado a ligeramente escuamuloso. Superficie color oliva-marrón a marrón. Areolas ligeramente planas a convexas. Estructura reproductiva: apotecio de tipo lecanorino, uno por areola. Disco redondo, rojo-violeta (Brodo et al., 2001).

Algunas especies de este género son importantes ecológicamente ya que facilitan la fijación de CO<sub>2</sub> (Büdel, Vivas, y Lange, 2013).

### Afín *Peltula richardsii* (figura 14)

Distribución y hábitat: Se distribuye principalmente de Norteamérica al centro de México. Se encuentra sobre suelos con altos niveles de calcio (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinerm.

Características morfológicas: talo escuamuloso. Superficie superior color marrón-oliva, suave lisa y brillante. Escuámulos redondos, cóncavos o convexos. Estructura reproductiva: presenta de uno a dos apotecios por escuámulo, inmerso en el talo, color naranja a rojizo (Brodo et al., 2001).



### Afín *Physcia biziana* (figura 15)

Distribución y hábitat: Se localiza principalmente en África, Norte y Sur América y Europa. Se encuentra sobre troncos o ramas de los árboles en regiones abiertas y en rocas expuestas (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinerm.

Características morfológicas: talo folioso, irregular y lobulado. Superficie superior gris pardo a gris crema. Lóbulos ligeramente angostos, ensanchados y ascendentes. Estructura reproductiva: presenta abundantes apotecios, pequeños y de tipo lecanorino. Disco color marrón a negro (Brodo et al., 2001).

### Afín *Placynthiella* sp. (figura 16)

Distribución y hábitat: su distribución es cosmopolita, principalmente en zonas templadas de América del Norte y del Sur, Europa, Asia, Macaronesia y Australia. Se encuentra sobre suelo, humus, corteza, madera y a veces en rocas (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de

vegetación micrófila subinerme. Matorral de médanos y matorral de médanos subinerme.

Características morfológicas: talo crustáceo, efuso, granular-verrucoso o leproso, con abundantes isidios color verde-marrón oscuro. Estructura reproductiva: raramente presente, a veces apotecio de tipo lecideino, color rojo marrón a marrón-negro o negro (Brodo et al., 2001).

Algunas especies de este género son importantes en la geoquímica y mineralogía, ya que la aparición de especies de este género indica la presencia de metales en los sustratos en que se forman (Medeiros et al., 2014).



#### Afín *Polysporina* sp. (figura 17)

Distribución y hábitat: se distribuye principalmente en Europa, Asia, Norteamérica, Nueva Zelanda y Tasmania. Se encuentra sobre rocas, raramente en suelo (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinerme.

Características morfológicas: talo areolado a crustáceo. Superficie superior negra a gris oscuro. Areolas ovaladas a redondas. Estructura reproductiva: presenta un apotecio por areola, de tipo lecideino. Disco usualmente redondo, plano a convexo, color negro a rojo oscuro (Brodo et al., 2001).

#### Afín *Psora crenata* (figura 18)

Distribución y hábitat: se distribuye principalmente al sureste de África, Australia y Norteamérica. Se encuentra sobre suelo de hábitats abiertos y desiertos (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinerme.

Características morfológicas: talo escuamuloso. Superficie superior color blanco aperlado, que se torna a beige en el centro. Escuámulos en forma de roseta, convexos a cóncavos. Estructura reproductiva: presenta apotecio marginal, elevado, globoso, uno o hasta diez por escuámulo, color negro (Brodo et al., 2001).

Algunas especies de este género se utilizan como indicadores ecológicos, ya que influyen en los ciclos hidrológicos, incluida la porosidad del suelo, la textura y la retención de agua (Pando-Moreno et al., 2014). Asimismo, son susceptibles a la pérdida del hábitat y cambio climático (Williams et al., 2017) y a la presencia de metales proveniente de los sustratos en que se forman (Barreno-Rodríguez y Pérez-Ortega, 2003).



#### Afín *Psora tuckermanii* (figura 19)

Distribución y hábitat: Se distribuye en Norteamérica, principalmente en Arizona y California. Se encuentran sobre suelo y rocas, en hábitats abiertos (Brodo et al., 2001). En el APFF Médanos de Samalayuca se encontró en la comunidad de vegetación micrófila subinerme.

Características morfológicas: talo escuamuloso. Superficie superior color marrón claro con márgenes blancos. Escuámulos elongados, imbricados, cóncavos a convexos. Estructura reproductiva: presenta apotecio ovalado a cóncavo, aterciopelado, de tipo lecideino, uno a dos por escuámulo, de color marrón rojizo (Brodo et al., 2001).

Algunas especies de este género se utilizan como indicadores ecológicos, ya que influyen en los ciclos hidrológicos, incluida la porosidad del suelo, la textura y la retención de agua (Pando-Moreno et al., 2014). Asimismo, son susceptibles

a la pérdida del hábitat y cambio climático (Williams et al., 2017) y a la presencia de metales proveniente de los sustratos en que se forman (Medeiros et al., 2014).

## Conclusiones

El Área Natural de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, a pesar de ser una zona árida, posee las condiciones propicias para el desarrollo de diferentes especies de ascolíquenes. De esta manera, es que del año 2009 al 2017 se registraron 18 especies de ascolíquenes, principalmente de las familias *Acarosporaceae*, *Caliciaceae* y *Verrucariaceae*, similar a lo reportado en el país y en el norte de México. Estos organismos se han considerado parte importante del ecosistema, ya que algunas especies encontradas en estas zonas, como las del género *Psora* y *Endocarpon* han sido formadoras de costras biológicas. Especies del género *Psora*, *Buellia* y *Caloplaca* se encuentran en sustratos con altas concentraciones de calcio. Asimismo, especies del género *Acarospora*, *Peltula*, *Psora* y *Caloplaca*, son fijadores de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, los estudios de estos organismos en zonas áridas son aún escasos, y se requiere de más investigaciones para conocer su diversidad e incluso para realizar estudios ambientales y de uso potencial.

La importancia de este tipo de estudios radica en la multidisciplinariedad, debido a que el conocimiento de la riqueza de estos organismos presentes en el desierto en donde la humedad y los recursos son escasos, contribuye a posteriores proyectos, desde los ecológicos para el estudio de perturbación, impacto antropológico, contaminación ambiental, hasta los estudios económicos en cuanto al uso potencial de estos organismos. Además, es importante reconocer y atribuir el valor de los ecosistemas desérticos, los cuales resguardan gran diversidad de organismos.

## Referencias

- Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. (2001). *Indice di Biodiversità Lichenica: Manuale I*. ANPA Roma.
- Barreno-Rodríguez, E. y Pérez-Ortega, S. (2003). *Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias*. KRK Ediciones.
- Belnap, J. y Gillette, D. A. (1998). Vulnerability of desert biological soil crust to wind erosion: the influences of crust development, soil texture and disturbance. *Journal of Arid Environments*, 39, 133-142.

- Belnap, J., Kaltenecker, J. H., Rosentreter, R., Williams, J., Leonard, S. y Eldridge, D. (2001). *Biological Soil Crusts: Ecology and Management* (Pam Peterson, ed.). U. S. Department of the Interior. Boonpeng, C., Polyam, W., Sriviboon, C., Sangiamdee, D., Wathana, S., Nimis, P. L., y Boonpragob, K. (2017). Airborne trace elements near a petrochemical industrial complex in Thailand assessed by the lichen *Parmotrema tinctorum* (Despr. Ex Nyl.) Hale. *Environmental Science and Pollution Research*, 8(1), 101-113.
- Brodo, I. M., Duran Sharnoff, S. y Sharnoff, S. (2001). *Lichens of North America* (1.ª ed.). Yale University Press.
- Büdel, B., Vivas, M. y Lange, O. L. (2013). Lichen species dominance and the resulting photosynthetic behavior of Sonoran Desert soil crust types (Baja California, Mexico). *Ecological Processes*, 2(6), 1-9.
- Castillo-Monroy, A. P. y Benítez, Á. (2015). Patrones de abundancia y riqueza de componentes de la costra biológica del suelo en un matorral seco del sur de Ecuador. *Avances en Ciencias e Ingenierías*. 7(1), 88-97.
- Chacón-Ramos, V., Quiñónez-Martínez, M. y Álvarez Barajas I. L. (2014). Líquenes. Bosque templado. En Conabio, *La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado* (421- 425). Conabio.
- Chaparro-de Valencia, M. y Aguirre-Ceballos, J. (2002). *Hongos liquenizados* (1.ª ed.). (M. Echeverri Perico, Ed.). El Malpensante.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca*. Semarnat/Conanp. <https://www.imip.org.mx/imip/node/74>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2013). Biodiversidad Mexicana. México. Recuperado el 1 de octubre de 2019 de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado.html>
- Consortium of North American Lichen Herbaria. (9 de noviembre de 2018). [Base de datos]. <https://lichenportal.org/cnalh/>
- Devkota, S., Chaudhary, R. P., Werth, S. y Sheidegger, C. (2017). Indigenous knowledge and use of lichens by the lichenophilic communities of the Nepal Himalaya. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13(15), 1-10.
- Global Biodiversity Information Facility. (2018). [Base de datos]. <https://www.gbif.org/>
- Herrera-Campos, M. A., Lücking, R., Pérez, R. E., Miranda-González, R., Sánchez, N., Barcenás Peña, A., Carriozosa A., Zambrano A., Ryan B. D. y Nash III,

- T. H. (2014). Biodiversidad de líquenes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 82-99.
- Illana-Esteban, C. (2012). Líquenes usados en medicina tradicional. *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid*, 36, 163-174.
- Index Fungorum Partnership. (2018). [Base de datos]. <http://www.indexfungorum.org/>
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W. y Stalpers, J. A. (2008). *Dictionary of the fungi* (10.ª ed.). CABI.
- Lättman H., Brand A., Hedlund J., Krikorev M., Olsson N., Robeck A., Rönnmarck F. y Mattsson J. (2009). Generation time estimated to be 25-30 years in *Cliostomum corrugatum*. *The Lichenologist*, 41(5), 557-559.
- Medeiros I. D., Fryday A. M. y Rajakaruna N. (2014). Additional lichen records and mineralogical data from metal-contaminated sites in Maine. *Rhodora*. 116(967), 249-266.
- Miranda, F. y Hernández, E. (1963). Los tipos de vegetación y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28, 29-179.
- Nash III, T. H. (2008). *Lichen Biology*. Cambridge University Press.
- Nash III, T. H., Ryan, B. D., Diederich, P., Gries, C. y Bungartz, F. (2007). *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region* (Vol. 3). Arizona State University Lichen Herbarium.
- Nash III, T. H., Ryan, B., Gries, C., Bungartz, F. y Diederich, P. (2002). *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region* (Vol. 1). Arizona State University, Tempe.
- Pando-Moreno M., Molina V., Jurado E. y Flores J. (2014). Effect of biological soil crusts on the seed germination of three plant species under laboratory conditions. *Botanical Sciences* 92(2): 273-279.
- Rather, L. J., Jameel, S., Ganie, S. A. y Bhat, K. A. (2018). Lichen derived natural colorants: history, extraction and applications. En M. Yusuf (Ed.), *Handbook of renewable materials for coloration and finishing* (103-114). Scrivener Publishing.
- Rodríguez O. E., Andrade W. A., Díaz, F. E. y Moncada, B. (2015). Actividad antimicrobiana de líquenes de la cuenca alta del río Bogotá. *NOVA*. 13(23), 65-72.
- Seaward, M. R. D. (2008). Environmental role of lichens. En Nash III, T. H. (Ed.). *Lichen Biology* (2.ª ed.) (274-298). Cambridge University Press, United Kingdom.
- Shepherd, U., Brantley, S. y Tarleton, C. (2002). Species richness and abundance patterns of microarthropods on cryptobiotic crusts in a piñon-juniper habitat: a call for greater knowledge. *Journal of Arid Environments*, 52, 349-360.
- Williams L., Colesie, C., Ullmann A., Westberg M., Wedin, M. y Büdel B. (2017). Lichen acclimation to changing environments: Photobiont switching vs. climate-specific uniqueness in *Psora decipiens*. *Ecology and Evolution*. 7(8), 2560-2574.
- Will-Wolf, S., Hawksworth, D. I., Mccune, B., Rosentreter, R. y Sipman, H. J. (2011). Lichenized Fungi. En G. M. Mueller. *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods* (173-194). Elsevier.
- Zhang, T., Liu, M., Wang, Y., Wang, Z., Wei, X. y Wei, J. (2017). Two new species of Endocarpon (Verrucariaceae, Ascomycota) from China. *Scientific Reports*. 7, 7193, 1-11.